N. 6

L'INGEGNERE MUGNAIO

MANUALE PRATICO

PER

GL' INGEGNERI CIVILI

INCARICATI DELLE PERIZIE GIUDIZIARIE
PER LA DETERMINAZIONE DELLE QUOTE FISSE NEI MOLINI FORNITI

DEL

CONTATORE MECCANICO

per l' Ingegnere
GIUSEPPE FLORIO

NAPOLI
STABILIMENTO TIPOGRAFICO DI FRANCESCO GIANNINI
Via Museo Nazionale, 34.
1871

L'INGEGNERE MUGNAIO

MANUALE PRATICO

PER

GL' INGEGNERI CIVILI

INCARICATI DELLE PERIZIE GIUDIZIARIE
PER LA DETERMINAZIONE DELLE QUOTE FISSE NEI MOLINI FORNITI

DEL

CONTATORE MECCANICO

per l'Ingegnere

GIUSEPPE FLORIO

NAPOLI

STABILIMENTO TIPOGRAFICO DI FRANCESCO GIANNINI

Via Museo Nazionale, 31.

1871

AL LETTORE

Avendo io fatto parte della corporazione degl' Ingegneri addetti all' applicazione della tassa sul maeinato per mezzo del eontatore meecanieo, ebbi l'agio di studiar da vicino diverse quistioni risguardanti la macinazione de' eereali.

Abbandonata quella carriera per disinganni provati, pensai di raceogliere i diversi dati pratiei, frutto delle molte esperienze eseguite dai miei colleghi, e farne un pieeolo manuale da poter servire ad un Ingegnere, cui fosse dato un inearico risguardante mulini o macinazione.

Fui attraversato però nei miei divisamenti da moltepliei cure e dal pensiero che il mio lavoro sarebbe stato di poeo profitto ad un Ingegnere Civile, essendo oramai in uso nel volgo dei mugnai di non far mai capo da Ingegneri nello seiogliere questioni riflettenti mulini, e se pur qualche volta ne hanno bisogno, massime pei

grandi stabilimenti di mulini a vapore, è agl' Ingegneri meccanici che dánno simili incarichi, e questi, certamente, hanno poco o nessun bisogno dei miei scarsi lumi.

Ora, però, che per la determinazione delle quote fisse un gran numero d' Ingegneri Civili dovrà essere adibito per le perizie in quei mulini che rifiutano la quota loro imposta dal governo, ho creduto far opera proficua dicendo qualche cosa sul contatore, sulle quote fisse, sulla macinazione, e su quant'altro potrà servire ad un Ingegnere, che, nuovo del tutto nel mestiere del mugnaio, si vede addossato un tanto difficile compito.

Non dico che il mio opuscolo abbraccerà quanto può abbisognare a chi è nudo affatto di queste conoscenze; soltanto esso sarà d' aiuto a qualcuno, che, pur colla massima buona volontà del mondo, trova difficilmente un trattato atto a fornirgli elementari nozioni pratiche sulla macinazione dei cereali, e che con questo si troverà spianata la via a poter fare studi più positivi.

E se non altro, metterò in guardia un Ingegnere contro le magagne dei mugnai, e gli farò toccar con mano quanto sia necessario esser cauto ed accorto, perchè uno sbaglio preso potrebbe qualche volta ingenerare non lievi conseguenze.

INTRODUZIONE

DEL CONTATORE MECCANICO

E

DELLA QUOTA FISSA

Non è mio intento dare un giudizio sulla bontà del contatore meccanico, e sulle convenienze pratiche dell'applicazione della tassa sul macinato mediante questo congegno. Bene o male che ne dicessi, potrebbe sempre il mio parere sembrar dettato da personale sentimento o per un residuo di attaccamento ad un impiego che lasciai, o per risentimento di patiti torti.

Dirò solamente che gl' inconvenienti grandissimi, che l'applicazione della tassa sul macinato presenta, possono essere in parte scongiurati mercè l' applicazione del contatore, purchè, però, sia equabilmente ripartita la quota, che, per ogni cento giri di macina, deve pagare ciascun mulino.

Il sistema finora tenuto per l'esazione della tassa sul macinato era quello degli accertamenti. Con questo sistema ogni mulino era tassato per una certa somma annua, secondo i criterî degli Agenti delle Tasse, somma, che era di gran lunga inferiore a quella che realmente avrebbe dovuta pagarsi dal mugnaio, ove si fosse tenuto conto della quantità effettiva di grano macinato, durante l'anno, nel mulino medesimo, e questa quantità si fosse tassata di lire due per ogni quintale giusta la legge.

Per assicurarsi della percezione di questa somma accertata, i mugnai portavano un risparmio ai prezzi della macinazione onde accrescere il concorso. Di qui stabilironsi le più dannose concorrenze, e quindi il malumore generale nella maggioranza dei mugnai, che, in gran parte, ha visto sciupato in poco tempo il frutto di lunghe fatiche ed onesti risparmî.

Ad ovviare questo inconveniente, si riconobbe fin da principio la necessità di un indicatore qualunque, atto a dar ragguaglio preciso della quantità di cereale macinato in un determinato tempo di lavoro da ciascun mulino; perchè così, quando col crescere di questa quantità crescesse in proporzione la tassa da pagarsi, la concorrenza sarebbe distrutta.

Si pensò a fornire i mulini di questi indicatori. Il più regolare sarebbe stato il contatore vivente, cioè un agente finanziario fisso in ogni mulino; questo però se da un

lato potrebbe essere molto esatto, dall'altro costerebbe troppo al Regio Erario e sarebbe di molto dubbia riuscita.

Si pensò allora di ottenere queste indicazioni mediante macchine applicate ai mulini, e ne furono ideate di tre specie: i *pesafarina, i contatori dinamometrici ed i contatori di giri.*

I primi rispondevano direttamente al bisogno, e ne furono presentati parecchi ingegnosissimi modelli. Però non furono adottati, nè credo poter tralasciare qui di esprimere la mia opinione, cioè, che sarebbe stato desiderabile si fossero sottoposti questi apparecchi a studî positivi, onde superare quelle difficoltà che presentava la loro applicazione.

I contatori dinamometrici anche avrebbero potuto dare risultati migliori del contatore di giri, però può ritenersi che essi sieno poco attuabili.

Rimaneva il contatore di giri che fu adottato per la percezione di questa tassa.

Il contatore di giri, come dinota il suo nome, è un congegno attaccato all' albero della macina girante il quale conta il numero dei giri da questa percorsi.

Rimane quindi a stabilirsi la quantità di grano che ad ogni cento giri ciascun mulino può sfarinare in media, perchè, conosciuto il numero delle centinaia di giri percorsi durante un certo tempo, e moltiplicato questo nu-

mero per quella quantità, si avrebbe la media della quantità di cereale macinato nel tempo medesimo.

Se per ogni mulino, qualunque sia la forza, la quantità di grano macinato per cento giri fosse costante, si potrebbe avere direttamente dall'esperienza questa quantità, ed allora la percezione della tassa con questo sistema sarebbe, se non esattissima, per lo meno molto prossima al giusto. Però, variando la forza, spianandosi le macine, cambiando il grano ecc. si ottengono risultati di macinazione differentissimi, e quindi questa quantità fissa varia tra limiti molto estesi, e la sua determinazione è impresa molto più difficile di quanto potrebbe a prima giunta sembrare.

Gl'Ingegneri addetti all'applicazione della tassa sul macinato, con studî uniformi e precisi, cercarono finora di determinare con molta approssimazione queste quantità da attribuirsi ad ogni cento giri di macina in ciascun mulino, e quindi la quota fissa da pagarsi; e la loro cura precipua si fu sempre quella di conservare tra i diversi mulini un equo rapporto, e tale da impedire, il più che sia possibile, le concorrenze tra mugnaio e mugnaio.

Non tutti però si piegano facilmente ad eseguire le leggi, massime quando queste hanno per oggetto nuove tasse, e quando coloro che principalmente ne sono colpiti non le comprendono. Si ha in tal caso che ognuno

cerca profittare delle possibili lacune che presenta la legge, o dare alla stessa una falsa interpretazione, per così sfuggire, mediante sofismi e cavilli, all'immediato pagamento delle tasse medesime.

Di qui la conseguenza che molti mugnai non accettano le quote fisse loro proposte dagl'Ingegneri governativi, anche quando sono convinti essere queste inferiori a quelle che effettivamente dovrebbero pagare, sol perchè sperano che, resistendo a tali proposte, possano trovar modo come far diminuire le quote stesse; laddove, per contrario, altri le rifiutano perchè non ne comprendono la peculiare convenienza.

La missione del perito giudiziario, in questo caso, è molto delicata—Si tratta non solo di stabilire i rapporti tra il mugnaio e l'erario, ma anche tener presente la concorrenza, che potrebbe stabilirsi in danno di quegli onesti mugnai i quali accettarono la quota governativa, ove partisse nella determinazione di queste quote da principî falsi, o si facesse raggirare dagli esercenti dei mulini sottoposti al suo esame.

Perciò è indispensabile che egli stúdii minutamente le singole parti di ciascun mulino, e le cause che possono farne variare il prodotto, per determinare, anche indipendentemente dagli esperimenti, la quantità di grano che può produrre per ogni 100 giri di macina, e quindi la quota corrispondente.

A tal'uopo, e siccome è dato essenzialissimo della macinazione la forza impiegata a muovere le macine, io mi studierò di dare qualche cenno sui motori ordinariamente impiegati nei mulini, e sul modo di determinarne la forza.

In seguito darò delle norme generali per stabilire il prodotto di macinazione dipendente dalle condizioni del mulino e dalla forza impiegata.

E finalmente ne dedurrò il metodo pratico che dovrà tenersi nel determinare le quote fisse per cento giri di macina.

TITOLO I.

Dei motori

CAPO I.

DIVERSE SPECIE DI MOTORI IMPIEGATI NEI MULINI

Quattro sono i motori finora impiegati per i mulini — L'acqua, il vapore, la forza animale ed il vento — I primi due sono adibiti in mulini di grande e media importanza, gli altri per mulini di poco conto atti appena appena ai minuti bisogni delle poco numerose popolazioni.

Nei siti ove l'acqua abbonda ed ove possono stabilirsi grandi cadute i mulini a vapore non hanno ragione di esistere; potendo aversi la forza motrice con piccola spesa d'impianto, e nessuna quasi di consumo giornaliero, non sarebbe prudente impiantare un mulino a vapore, che, oltre ad una esorbitante spesa per la sua costruzione, ne richiede un'altra perenne pel consumo di combustibile, manutenzione e personale da adibirvisi. Ond'è, che, mentre di mulini a vapore abbonda la nostra fertile pianura della Campagna Felice, da Castellammare a Capua, non che l'altra estesissima delle Puglie, massime in vicinanza di Bari e di Brindisi, non se ne vede quasi traccia nelle alpestri regioni nordiche di Italia, nè in quelle addossate alle ridenti falde de'nostri appennini, ove l'abbondanza d'acque e le accidentalità del suolo han dato campo all'istallazione di grandi e piccoli mulini, i quali

tutti, per quanto più è possibile, traggono il maggior vantaggio da un dono loro prodigato dalla natura.

Le estese pianure della Puglia, benchè prive di questo dono, pure finora facevano quasi senza dei mulini a vapore, ed appena da pochi anni molti stabilimenti di tal genere cominciano a sorgere nelle adiacenze di Bari e di Brindisi, ove la via delle Indie lascia adito ai molti calcoli degl' industri mugnai. L'abbondanza de' pascoli, la scarsezza di abitanti, il poco agglomeramento di essi, e sopra tutto la difficoltà de' mezzi di comunicazione ha reso necessario e conveniente, in quelle regioni, l'impiego su larga scala della forza animale, e migliaia di piccoli mulini, detti centimoli, anche ora sopperiscono ai bisogni di quelle popolazioni.

I mulini a vento oramai son divenuti rarissimi in Italia, e solo nella Sicilia ed in Sardegna se ne trova ancora qualche vestigia. Del resto non potrò molto intrattenermi su questo ramo, non avendo mai avuto opportunità di studiarlo personalmente.

CAPO II.

DEI MOTORI AD ACQUA

Delle ruote idrauliche

L'acqua s'impiega come forza motrice, facendo raccogliere il lavoro meccanico, che essa contiene, sulle ruote idrauliche.

Queste ruote sono di due categorie. La prima detta delle ruote verticali si divide come segue:

1.° *Ruote riceventi l'acqua per di sotto,* a cui appartengono le ruote a palette piane, le ruote pendenti in un canale indefinito, le ruote Poncelet a palette curve.

2.° *Ruote riceventi l' acqua di fianco*, che si suddividono in ruote con bocca a battente, ruote con bocca a stramazzo, e ruote con bocche a direttrici.

3.° *Ruote a cassette*, ovvero a secchie, e si dividono in ruote riceventi l'acqua alle reni, e ruote riceventi l' acqua alla sommità.

L' altra categoria di ruote dette orizzontali contiene due specie, le turbine e le ruote tangenziali. Le prime sono di diverso genere, e prendono nome dall' inventore; alle seconde appartiene la *ritrécine*, ch'è la ruota in uso nella maggior parte dei mulini della media e bassa Italia.

Il mio compito non essendo quello di dare un esteso manuale delle ruote idrauliche, e del modo di determinare l'effetto utile da esse trasmesso alle diverse macchine a cui l'industria le ha applicate, e d'altronde essendo questa una materia ampiamente trattata e discussa, teoricamente e praticamente, da tanti luminari della scienza idraulica, rimando i lettori ai manuali pratici del MORIN, del BERNOULLI, del CLAUDEL e di altri, da cui potranno attingere tutti quei lumi necessarî al calcolo della forza da dette ruote trasmesse.

Però, fo le debite riserve per l'ultima delle succennate ruote, cioè per la ritrécine, tanto in voga presso noi, e di cui poco si è scritto dai meccanici.

E comecchè potrebbe questo piccolo lavoro abbisognare talvolta a qualche perito di campagna, poco esperto nelle idrauliche discipline, così mi permetto dare un breve sunto pratico del modo onde calcolare la velocità, la portata, e la forza teorica dell' acqua in detti mulini a ritrécine impiegata, facendolo precedere dalla descrizione di uno dei detti mulini.

Descrizione di un mulino a ritrécine

Un mulino a ritrecine (fig. 1.ª) consta essenzialmente delle seguenti parti: *A*. coppia di macine; *B*. palo di ferro; *C*. nottola ovvero *granola*; *D*. fuso di legno; *E*. ruota

a palette o *ritrécine*; *F.* fulcro o *spinello*; *G.* vaschetta o *piramide*; *H.* alzatoio; *I.* cannella; *K.* bottaccio.
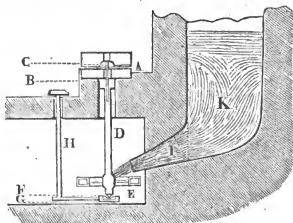
Fig.ª 1.ª *Sezione verticale di un mulino a ritrécine con cannella.*

Alcune volte, massime pei mulini che hanno piccole cadute, invece della cannella *I.* vi è un canale *L.* (fig. 2.ª) ed allora dicesi il mulino a doccia, o a saetta.
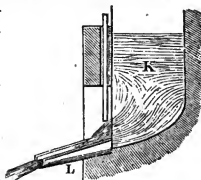
Fig.ª 2.ª *Sezione di una porzione di mulino a ritrécine con doccia.*

Velocità-Portata

Quando l'acqua esce da un orifizio praticato sulla parete o nel fondo di un vaso, acquista una velocità per *minuto secondo* rappresentata dalla formola

$$V=\sqrt{2gh} : \qquad (A)$$

in cui 2g rappresenta un numero costante uguale a 19, 62 quando l'unità di misura è in metri, ovvero a 64, 20 quando è in piedi inglesi, *V* la velocità, ed *h* la differenza di livello tra il pelo dell'acqua ed il centro della luce d'efflusso, detta comunemete *battente.*

Per esempio l'acqua che esce da un orifizio, il cui battente è di metri 2,40, acquisterà una velocità, in metri, a *minuto secondo* espressa da

$$\sqrt{19{,}62 \times 2{,}40}=6{,}86$$

Cioè in ogni minuto secondo una molecola d'acqua percorrerà lo spazio di metri 6,86.

Se invece si avesse un battente di 6 piedi inglesi la velocità sarebbe data da

$$\sqrt{64{,}20 \times 6{,}00}=19{,}62$$

Cioè la velocità di ogni molecola che esce dalla luce sarebbe di piedi 19,62.

La seguente tavola può dare (senza bisogno del calcolo) il valore in metri di *V* per diverse altezze di detto battente, o viceversa il valore di *h* per diverse velocità conosciute.

TAVOLA I.

Contenente le altezze del battente e le corrispondenti velocità.

Altezza h	Velocità V	Altezza h	Velocità V	Altezza h	Velocità V	Altezza h	Velocità V
metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri
0,001	0,140	0,052	1,010	0,130	1,600	0,280	2,344
0,002	0,200	0,054	1,029	0,135	1,628	0,285	2,365
0,003	0,242	0,056	1,048	0,140	1,658	0,290	2,384
0,004	0,279	0,058	1,066	0,145	1,688	0,295	2.406
0,005	0,312	0,060	1,085	0,150	1,715	0,300	2,429
0,006	0,343	0,062	1,102	0,155	1,744	0,305	2,446
0,007	0,366	0,064	1,122	0,160	1,771	0,310	2,466
0,008	0.395	0,066	1,138	0,165	1,800	0,315	2,487
0,009	0,420	0,068	1,155	0,170	1,827	0,320	2,506
0,010	0,447	0,070	1,171	0,175	1,853	0,325	2,525
0,012	0,488	0.072	1,188	0,180	1,880	0,330	2,544
0,014	0,527	0,074	1,205	0,185	1,905	0,335	2,563
0.016	0,560	0,076	1,222	0,190	1,931	0,340	2,579
0,018	0,594	0,078	1,237	0,195	1,958	0,345	2,596
0,020	0,629	0,080	1,253	0,200	1,981	0,350	2,620
0,022	0,658	0,082	1,271	0,205	2,006	0,36	2,657
0,024	0,687	0,084	1,283	0,210	2,030	0,37	2,693
0,026	0,714	0,086	1,300	0,215	2,054	0,38	2,729
0,028	0,740	0,088	1,304	0,220	2,078	0,39	2,764
0,030	0,765	0,090	1,330	0,225	2,101	0,40	2,801
0,032	0,793	0,092	1,343	0,230	2,124	0,41	2,835
0,034	0,816	0,094	1,358	0,235	2,147	0.42	2,866
0,036	0,840	0,096	1,372	0,240	2,170	0,43	2,903
0,038	0,864	0,098	1,386	0,245	2,187	0,44	2,936
0,040	0,885	0,100	1,400	0,250	2,215	0,45	2,970
0,042	0,908	0,105	1,435	0,255	2,244	0,46	3,002
0,044	0,929	0,110	1,470	0,260	2,259	0,47	3,035
0,046	0,950	0,115	1,498	0,265	2,279	0,48	3,067
0,048	0,970	0,120	1,536	0,270	2,298	0,49	3,100
0,050	0,990	0,125	1,566	0,275	2,323	0,50	3,103

Altezza *h*	Velocità *V*	Altezza *h*	Velocità *V*	Altezza *h*	Velocità *V*	Altezza *h*	Velocità *V*
metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri
0,51	3,162	0,85	4,084	1,95	6,185	3,65	8,463
0,52	3,193	0,86	4,107	2,00	6,264	3,70	8,520
0,53	3,225	0,87	4,138	2,05	6,342	3,75	8,577
0,54	3,253	0,88	4,155	2,10	6,419	3,80	8,634
0,55	3,284	0,89	4,179	2,15	6,494	3,85	8,690
0,56	3,313	0,90	4,202	2,20	6,570	3,90	8,747
0,57	3,343	0,91	4,225	2,25	6,644	3,95	8,803
0,58	3,371	0,92	4,238	2,30	6,727	4,00	8,857
0,59	3,401	0,93	4,269	2,35	6,790	4,05	8,914
0,60	3,429	0,94	2,294	2,40	6,862	4,10	8,968
0,61	3,458	0,95	4,317	2,45	6,933	4,15	9,023
0,62	3,486	0,96	4,340	2,50	7,003	4,20	9,078
0,63	3,514	0,97	4,359	2,55	7.072	4,25	9.131
0,64	3,543	0,98	4,385	2,60	7,142	4,30	9,184
0,65	3,579	0,99	4,407	2,65	7,210	4,35	9,239
0,66	3,589	1,00	4,430	2,70	7,287	4,40	9,291
0,67	3,612	1,05	4,539	2,75	7,345	4,45	9,344
0,68	3,652	1,10	4,645	2,80	7,412	4,50	9,395
0,69	3,679	1,15	4,750	2,85	7,477	4,55	9,448
0,70	3,705	1,20	4,851	2,90	7,543	4,60	9,499
0,71	3,732	1,25	4,952	2,95	7,607	4,65	9,551
0,72	3,759	1,30	5,050	3,00	7,672	4,70	9,603
0,73	3,784	1,35	5,147	3,05	7,736	4,75	9,654
0,74	3,810	1,40	5,241	3,10	7,798	4,80	9,704
0,75	3,836	1,45	5,334	3,15	7,861	4,85	9,747
0,76	3,859	1,50	5,425	3,20	7,924	4,90	9,805
0,77	3,887	1,55	5,576	3,25	7,985	4,95	9,857
0,78	3,912	1,60	5,603	3,30	8,046	5,00	9,904
0,79	3,937	1,65	5,690	3,35	8,106	5,05	9,954
0,80	3,960	1,70	5,775	3,40	8,167	5,10	10,003
0,81	3,987	1,75	5,859	3,45	8,226	5,15	10,052
0,82	4,011	1,80	5,943	3,50	8,286	5,20	10,100
0,83	4,035	1,85	6,024	3,55	8,345	5,25	10,149
0,84	4,060	1,90	6,106	3,60	8,404	5,30	10,197

Altezza h	Velocità V	Altezza h	Velocità V	Altezza h	Velocità V	Altezza h	Velocità V
metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri	metri
5,35	10,245	6,30	11,118	7,40	12,050	8,50	12,915
5,40	10,293	6,40	11,206	7,50	12,131	8,60	12,990
5,45	10,338	6.50	11,293	7,60	12.211	8,70	13,065
5,50	10,388	6,60	11,380	7,70	12,291	8,80	13,140
5,60	10,482	6,70	11,465	7,80	12,371	8,90	13,215
5,70	10,576	6,80	11,552	7,90	12,450	9,00	13.290
5,80	10,667	6,90	11,635	8,00	12,528	9,20	13,435
5.90	10,760	7,00	11,720	8,10	12,612	9,40	13,580
6,00	10,850	7,10	11,803	8,20	12,684	9,60	13,726
6,10	10,940	7,20	11,886	8,30	12,760	9,80	13,866
6,20	11,027	7,30	11,968	8,40	12,838	10,00	14,006

Una massa di acqua, uscente da un orifizio durante un minuto secondo, si può considerare come un corpo prismatico avente per base la superficie della luce d' efflusso, e per altezza la lunghezza dello spazio percorso nel minuto medesimo, calcolato con la formola precedente. Quindi chiamando *S.* quella superficie *M.* il volume d' acqua che esce al secondo si avrà

$$M = SV = S\sqrt{2gh}: \qquad (B)$$

Questa è la portata teorica.

Però nel portarsi l' acqua all' orifizio, i filetti convergono tutti verso di esso, in guisa che all'esterno ha luogo una restrizione, detta *contrazione della vena*, e quindi, in vece di un prisma, deve considerarsi un tronco di cono uscente dall' orifizio suddetto e però il valore M va diminuito di una certa quantità, per avere la portata effettiva. Il rapporto tra la portata effettiva e la teorica dicesi coefficiente di contrazione, il quale varia secondo

la posizione dell' orifizio sulle pareti, la maggiore o minore spessezza della parete in cui è praticato e l' aggiunzione di tubi, detti tubi addizionali.

Secondo la posizione dell' orifizio può variare la contrazione; difatti vedesi chiaramente dalle figure 3.ª e 4.ª
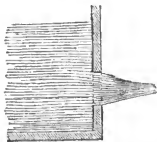
Fig.ª 3.ª *Caso di un orifizio a contrazione completa.*
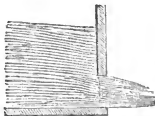
Fig.ª 4.ª *Caso di un orifizio a contrazione incompleta.*

che la contrazione della vena può essere intera, quando l' orifizio è ad una conveniente distanza dalle pareti del vaso, e dicesi *contrazione completa*, ovvero può eseguirsi su di una parte sola della vena medesima, quando l'orifizio è posto in modo che uno, due o tre lati di esso sieno sul prolungamento delle pareti interne del serbatoio, e dicesi *contrazione incompleta*. È chiaro che, ove tutti i lati di detto orifizio fossero su questo prolungamento, non vi sarebbe contrazione.

La seguente tavola può servire, in molti casi, alla determinazione del coefficiente per gli orifizî circolari a contrazione completa, e notisi che, in dette tavole, per carica d' acqua vuolsi intendere la distanza verticale tra il lato superiore dell' orifizio ed il livello dell' acqua nel serbatoio.

TAVOLA II.

Coefficienti di contrazione per orifizi circolari sul fondo dei vasi.

CARICA SULL' ORIFICIO							Coefficiente di contrazione
200 volte maggiore del diametro dell'orifizio							0,615
100	»	»	»	»	»	»	0,618
10	»	»	»	»	»	»	0,620
8	»	»	»	»	»	»	0,622
6	»	»	»	»	»	»	0,625
4	»	»	»	»	»	»	0,630
2	»	»	»	»	»	»	0,637
1	»	»	»	»	»	»	0,642
da 0,1 a 0,50			»	»	»	»	0,650

Per orifizî rettangolari possono adottarsi i coefficienti ricavati dalle esperienze di Poncelet e Lebros, riportati nella seguente tavola.

TAVOLA III.

Coefficienti di contrazione per orifizi rettangolari.

CARICA sull' orifizio in centimetri	COEFFICIENTI PER ALTEZZE D'ORIFICIO DI				
	Oltre a 20 centimetri	10 centimetri	5 centimetri	3 centimetri	2 centimetri
0	0,519	0,667	0,713	0,766	0,783
1	0,595	0,618	0.642	0.687	0,762
2	0,594	0,614	0,638	0,668	0,697
4	0,594	0,612	0,636	0,654	0,678
6	0,594	0,613	0,635	0,647	0,668
8	0,594	0,613	0,635	0,643	0,662
10	0,595	0,614	0,634	0,640	0,657
15	0,597	0,614	0,632	0,636	0,653
20	0,599	0,615	0,630	0,633	0,649
30	0,601	0,616	0,629	0,632	0,644
50	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640
75	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637
100	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633
130	0,604	0,613	0,623	0,624	0,625
175	0,602	0,610	0,617	0,616	0,615
200	0,601	0.607	0,614	0,612	0,612
300	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610

Per gli orifizî a contrazione incompleta vale lo stesso coefficiente che troverebbesi per quelli a contrazione completa, moltiplicato però per:

$1 + 0,\ 1523\ \frac{n}{p}$ (per le bocche rettangolari),

e per

$$1 + 0,\ 1279\ \frac{n}{p}\ (\text{ per le bocche circolari })$$

in cui p è l' intero perimetro dell' orifizio, ed n quella parte di esso, sulla quale avviene la contrazione.

Esempio. — Quale sarà la portata effettiva di un orifizio rettangolare, che abbia le seguenti dimensioni: Larghezza = 0,m 10—Altezza = 0,m 20.— Carica d'acqua, ovvero altezza dal labbro superiore dell'orifizio al pelo dell' acqua nel serbatoio = 0,m 50, e su cui la contrazione succede nel solo labbro superiore?

Si ha il battente uguale alla carica più la metà dell' altezza della luce d'efflusso, cioè eguale a 0,m 60 — Trovasi nella Tavola I.a la velocità per tale altezza uguale a 3,m429— La portata teorica sarà uguale a 0,20×0,10×3,429=0,0686. Il coefficiente di contrazione per orifizi di 0,20 d' altezza e 0,50 di carica si ricava dalla Tavola III.a ed è 0,603, il valore 0, 0686 moltiplicato per questo coefficiente darebbe la portata per orificii a contrazione completa in metri cubi 0,0414.—Però, essendo la contrazione incompleta, bisogna moltiplicare il coefficiente 0,603 per $1 + 0{,}1523\ \frac{0,\ 10}{0,\ 60}$ che darà 0,615 per coefficiente del medesimo orifizio a contrazione incompleta — Moltiplicando questo coefficiente per la portata teorica 0,0686 si avrà la portata effettiva, in metri cubi 0,04219, cioè, la quantità d'acqua che uscirà in un *secondo* da detto orificio sarà di litri 42. 19.

Quando l'orifizio è accompagnato da un tubo addizionale, ovvero è praticato in una parete grossa, non meno di una volta e mezzo la minor dimensione di esso, allora la velocità è alterata e riducesi a circa 0,82 di quella ricavata dal valore $\sqrt{2gh}$. Per tubi conici convergenti questo valore cambia secondo l'angolo di convergenza dei lati.

Tralascio il caso dei tubi addizionali cilindrici, poichè non se ne incontra alcun caso nei mulini a ritrécine, e passo ai tubi conici convergenti.

Per ottenere il valore della portata effettiva dell'acqua che esce per tubi conici convergenti [come sono nella specie le cannelle dei mulini a ritrécine] occorre misurare l'altezza verticale tra la luce d'efflusso ed il livello dell'acqua, sostituire questo valore nella formola (**A**), ovvero ricercare nelle tavole secondo questo valore di h la velocità corrispondente, e moltiplicare questa velocità per la superficie della luce d'efflusso, ossia della sezione minore del tubo conico e non dell'orifizio praticato nella parete.

Questo prodotto si moltiplicherà pel coefficiente di erogazione, riportato nella seguente tavola ricavata dalle esperienze eseguite da Castel sopra tubi conici convergenti, la cui lunghezza era maggiore di 2.60 volte il diametro minore.

TAVOLA IV.

Contenente i coefficienti delle erogazioni e delle velocità per tubi conici convergenti.

Angolo di convergenza dei lati	Coefficiente di erogazione	Coefficiente della velocità
0°	0,829	0,830
2	0,872	0,870
4	0,903	0,902
6	0,924	0.924
8	0,937	0,940
10	0.943	0,950
12	0,946	0,958
14	0,943	0,964
16	0,939	0,969
18	0,930	0,972
20	0,921	0,973
22	0,915	0.974
24	0,910	0,975
26	0,904	0,976
28	0,898	0,977
30	0,894	0,978
35	0.882	0,980
40	0,870	0,981
45	0,857	0,983
50	0,843	0,986

Si ottiene in tal modo la portata effettiva per le bocchette delle cannelle, cioè la quantità d'acqua per secondo, che sgorga da dette bocchette.

Per calcolare l'angolo di convergenza basterà servirsi della seguente formola:

$$\text{tang} : \frac{1}{2}\alpha = \frac{1}{2}\,\frac{D-d}{L} \qquad (C)$$

In cui D rappresenta il diametro maggiore e d il diametro minore dell' imbuto, L la lunghezza di esso ed α l'angolo di convergenza dei lati.

Esempio. — Qual'è la portata effettiva di una bocchetta avente le seguenti dimensioni — D=0,30, d=0,15, L=1,00, ed il cui battente sia di met. 4,70 ?

$$\text{Si ha tang.}\ \frac{1}{2}\ \alpha = \frac{0,30 - 0,15}{2,00} = \frac{0,15}{2,00} = 0,075$$

$$\log \text{tang:}\ \frac{1}{2}\ \alpha = \log 0,075$$

donde si ricava il valore dell' angolo α uguale a 8° : 35'.

La velocità d' efflusso si ricava dalla Tav. I.ª = 9, 603.

La superficie della bocchetta è uguale a $\pi(0.075)^2$=0.0177.

Il coefficiente di contrazione per tubi conici di cui l' angolo è 8°, 35 ricavasi dalla Tavola IV.ª e si può ritenere per 0. 940.

Quindi si ha la portata effettiva uguale a

$$0,940 \times 0,0177 \times 9.603 = 0,15975 \text{ metri cubi}$$

ovvero Litri 159,75.

Nei casi in cui, invece della cannella, evvi la doccia applicata al foro d'efflusso devesi calcolare la quantità d'acqua, che sgorga per orifizî di forma rettangolare o circolare, a contrazione completa o incompleta, secondo i casi; ove la spessezza della parete superi la minor dimensione dell' orifizio basterà moltiplicare questo valore per 0,82; ove poi questa spessezza sia minore si potrà moltiplicare il valore medesimo per 0,90 , per avere la portata effettiva per orifizî muniti di docce (1).

(1) Questo coefficiente è molto approssimato e varia sensibilmente secondo la posizione dell' orifizio sulla parete, la carica d' acqua, e l' inclinazione del canaletto. Per non estendermi troppo su questa materia, per altro poco importante, ho dato questo coefficiente medio, che in pratica risponde molto bene al bisogno.

Determinazione della forza motrice Effetto utile delle ritrécini

L'acqua agisce come forza motrice sulle ruote idrauliche, disponendo queste tra il canale di arrivo e quello di scarico in modo, che ad esse imprima un movimento, in proporzione della velocità acquistata, o del suo peso.
Una massa fluida, cadendo dal canale di arrivo nell'altro di scarico, acquista un lavoro meccanico uguale al suo peso moltiplicato per la differenza di livello dell'acqua nei due canali, che dicesi *caduta* o *salto*—Se quindi si moltiplica il peso dell'acqua che defluisce da un orifizio al secondo per la caduta, si avrà il lavoro teorico dell'acqua.
Chiamando M. la portata effettiva in metri cubi di una luce d'efflusso; H la caduta; F la forza teorica si avrà

$$F = 1000\ HM. \qquad (D)$$

essendo che il metro cubo di acqua pesa 1000 Kilogrammi.
Il lavoro meccanico, che deve sviluppare una macchina per alzare un peso di un Kilogrammo all'altezza di un metro in un minuto secondo, è stato chiamato dai meccanici Kilogrammetro, di cui 75 formano un cavallo vapore.
È chiaro che, se un grave di un Kilogrammo cadendo percorresse l'altezza d'un metro, in un minuto secondo, si avrebbe il lavoro corrispondente ad un Kilogrammetro, e se percorresse due metri, nello stesso minuto secondo, si avrebbe il lavoro corrispondente a due Kilogrammetri ec.
In generale si è stabilito, che il Kilogrammetro equivalga al prodotto dello sforzo in chilogrammi per gli spazî in metri, avuto, per unità di tempo, il minuto secondo, senza tener conto se detti spazî sieno o no nel senso della verticale.

Or nella formola (D), essendosi presa per unità di volume dell'acqua quella che sgorga in un minuto secondo, 1000 MH rappresenterà il valore in Kilogrammetri della forza teorica di un efflusso; e quindi, se dividesi detto valore per 75, si avrà la forza dinamica ragguagliata a cavallo vapore.

Per esempio: una luce d'efflusso dia metri cubi 0,30, al secondo, e la caduta totale sia di 4,00, si avrà $0,30 \times 1000$, per il peso dell'acqua che esce a secondo, che moltiplicato per 4,00, altezza da cui cade, si avrà 1200 Kilogrammetri per l'effetto teorico in Kilogrammetri; dividendo questo valore per 75 si troverà la forza in cavalli uguale a 16.

Però, non tutta la forza dinamica, in tal modo trovata, si utilizza nelle ruote idrauliche; di essa una gran parte va perduta per gli attriti, per la sua decomposizione, quando il filone d'acqua non colpisce perpendicolarmente le pale di una ruota, e per altre cause secondo i casi. La differenza tra la forza teorica, ritrovata come sopra, ed il lavoro effettivo, ricavato da essa, è ciò che chiamasi effetto utile delle ruote.

Se, per esempio, nel caso precedente si fosse applicata la forza di 1200 Kilogrammetri a muovere una ruota idraulica destinata a sollevare un peso di 600 Kilogrammi, ed in un secondo si fosse questo peso sollevato appena di un metro, avremmo 600 Kilogrammetri di effetto utile, ricavato da quella ruota, e chiamando E questo effetto, ed F la forza impiegata si avrebbe in questo caso $E = \frac{1}{2} F = 0,50\ F$.

Questo coefficiente 0,50, da cui è affetto il 2.° membro di questa equazione, è ciò che dicesi coefficiente di rendimento di una ruota, e si ricava dalle esperienze.

Lo studio dei meccanici si è sempre aggirato intorno al modo di rendere questo coefficiente più grande possibile, per utilizzare la maggior quantità di forza.

In generale può ritenersi che le condizioni essenziali perchè una ruota dia il massimo rendimento sono:

1.° Che l'acqua entri tangenzialmente alla periferia.

2.° Che la velocità alla periferia della ruota sia la metà della velocità con cui l'acqua entra nella ruota medesima.

3.° Evitare il più ch'è possibile le perdite d'acqua, cioè, che tutta l'acqua, che viene dal canale d'arrivo, eserciti il proprio urto sulla ruota prima di passare nel canale di fuga.

Date queste norme, per le ruote idrauliche in generale, è facile applicarle al caso particolare della ritrécine.

Le esperienze han dimostrato che il massimo coefficiente di rendimento, per dette ruote, sta tra 0,35 e 0,33, potendo ridursi sino a 0,25 per ritrécini malamente costruite.

Per stabilire questo coefficiente è necessario che l'Ingegnere abbia per norma, che il coefficiente di rendimento cresce

1.° Quando l'angolo formato tra l'asse della cannella e la verticale si accosta a 90°, essendo che decomponendosi la forza applicata sulle palette, che sono all'estremità della ruota, in due, una orizzontale secondo la tangente della ruota medesima, l'altra verticale parallela all'asse di rotazione, che è nociva, tanto più sarà grande la prima componente quanto minore è l'angolo suddetto. Però questa condizione deve sempre conciliarsi coll'altra, che le superficie delle palette sieno perpendicolari al filone centrale.

2.° Quando la velocità periferica della ruota si accosta alla metà di quella ottenuta per l'acqua al suo uscire dalla bocchetta.

3.° Quando il diametro della ruota è maggiore del diametro delle macine, e generalmente, quanto più grande è detto diametro della ritrécine.

4.° Quando si dà alle palette una curvatura com'è segnato nella figura 5.ª essendo che l'acqua nell'uscire

dalla ruota agisce anche, benchè in piccola parte, pel proprio peso.

Fig. 5. *Forma più conveniente per una paletta di ritrécine.*

5.° Quando la paletta allo estremo della ruota è talmente larga da ricevere intero l'urto della vena flùida, il che si ottiene facendola, almeno di cinque centimetri, più larga del diametro della bocchetta.

6.° E finalmente, quando il canale di fuga ha tale inclinazione da permettere la pronta uscita dell'acqua, potendo in contrario recare ostacolo al movimento della ruota.

Avvertenze generali nell' eseguirsi gli esperimenti in mulini ad acqua.

Negli esperimenti a farsi per la determinazione delle quote fisse sui mulini ad acqua, l'Ingegnere deve premunirsi contro le insidie del Mugnaio, sempre pronto ad avvalersi delle sue conoscenze pratiche su questo ramo dell'industria, adottando le seguenti precauzioni.

1.° Visiterà il bottaccio e la cannella, facendo vuotare la gora, ed osservando che detta cannella sia assolutamente libera da diaframmi od altri corpi estranei, posti nello scopo di diminuire la velocità, e quindi la portata dell'acqua.

2.° Verificherà il canale di arrivo a monte della gora, nella sua intera lunghezza fino alla presa d'acqua nel fiume, e curerà che la paratoia alla presa d'acqua suddetta sia convenientemente aperta da mantenere costante, se è possibile, il livello dell'acqua nel bottaccio. Simultaneamente osserverà se qualche meato è stato aperto lungo il canale medesimo, atto a deviare porzione dell'a-

cqua, nella mira di farne abbassare il livello, per avere una caduta, e conseguentemente una forza minore.

3.° In alcuni casi, specialmente quando la chiusa del fiume è composta di fascinacci, è sempre lodevol cosa scandagliarne lo stato, onde accertarsi che nessun guasto fu ad essa recato, sempre nello stesso intento di attenuare la forza dinamica che agisce sulle macine.

4.° Occorrerà anche verificare lo stato del canale di fuga, ed assicurarsi che nessun impedimento sia stato praticato al libero scolo dell' acqua, e le ruote non soffrano incagli di sorta nel loro movimento.

5.° In quei mulini ove l' acqua viene per docce, od altri canali addossati a bocche a paratoia, dovrà osservarsi ugualmente che la detta paratoia sia ad una altezza conveniente, da somministrare la quantità d'acqua puramente necessaria al regolare movimento del maccanismo, e non eccedente quella che la larghezza delle palette strettamente richiede, potendo in taluni casi l'acqua sovrabbondante recar impedimento al movimento della ruota, e quindi il coefficiente di rendimento diminuire.

6.° Eseguendosi gli esperimenti nelle stagioni invernali, converrà prendere esatte informazioni dai naturali del luogo, per sapere se nell'està avviene mai che il mulino lavori a raccolte, val quanto dire aspettando che la gora si ricolmi per dar movimento alle macine, e fermandolo quando il livello si è abbassato di molto; in tal caso dovrà eseguirsi uno sperimento in questo senso, o per lo meno calcolarsi la perdita di forza, che l' abbassamento della gora cagionerà alla ruota, e tenersene il debito conto nel risultamento, che si otterrà facendo gli esperimenti a gora piena.

Ove poi somiglianti esperimenti s' imprendano nella stagione estiva, dovrà praticarsi nel senso identicamente inverso.

CAPO III.

DE' MOTORI A VAPORE.

Considerazioni preliminari.

Non starò qui a scrivere un trattato di macchine a vapore, nè tampoco un manuale pratico da servir di guida agl' Ingegneri, pel calcolo delle macchine medesime.

Primieramente confesso non essere a tant' altezza di cognizioni, da potermi sobbarcare al difficile cómpito.

E poi lo scopo mio precipuo essendo quello di spianar la via agl'Ingegneri incaricati delle perizie, per gli accertamenti delle quote fisse da pagarsi pel contatore, egli è da supporsi che le autorità giudiziarie, destinate alla nomina de' periti, vorranno scegliere persone versate nella parte meccanica, e precipuamente nella teorica delle macchine a vapore; nè credo recar offesa agl' Ingegneri Civili quando sospetto che alcuni di essi questa partita abbiano alquanto trascurata.

Premesso ciò, anche quando mi sentissi da tanto da scrivere qualcosa elementarissima sulle macchine a vapore, io mi starei certamente dal far da Mentore a chi forse potrebbe essermi maestro, massime in un ramo della meccanica che fu tanto ampiamente svolto dal TREDGOLD, dal DEVILLEZ, dall' ARMENGAUD e da altri, le cui opere sono studiate profondamente dagl' Ingegneri, che si addicono a questa parte della meccanica.

Ciò nulla meno, non sarebbe strano che in qualche angolo remoto d' Italia, ove la mancanza di corsi d' acqua, o qualsiasi altra causa locale, avesse reso necessario l'impianto di un mulino a vapore, per la totale deficienza d' Ingegneri meccanici sia costretto il magistrato a nominar perito giudiziario un Ingegnere Civile, residente da

anni in provincia, e quindi poco versato in questa materia; ed allora qual meraviglia che qualche piccola nozione sul modo di calcolare il travaglio di una macchina a vapore sia per tornar utile a qualcuno?

Laonde, benchè a malincuore, io tratterò per sommissimi capi, ed in modo affatto elementare, questa materia, sicuro che chiunque ne ha estese conoscenze vorrà chiudere un occhio e saltare a piè pari i tre paragrafi seguenti, per riattaccare a quello, ove tratto delle avvertenze ad aversi negli esperimenti per le quote fissè nei mulini mossi da cotesto motore.

Vapore - Pressione - Espansione Condensazione.

L'acqua e molte altre sostanze liquide, alla temperatura ordinaria, evaporizzano alla superficie, cioè passano dallo stato liquido a quello aeriforme. Aumentando il grado di calore, o temperatura dell'acqua, l'evaporazione cresce fino a che la forza espansiva delle bolle di vapore, che si formano nel fondo della massa liquida, acquista tanta potenza da vincere la resistenza esercitata dalla pressione dell'acqua soprastante, non che dell'aria esterna, ed allora il vapore scappa in grosse bolle che si succedono rapidamente, fino a produrre un gorgoglio continuato, che dicesi ebollizione.

La temperatura dell'acqua nel momento dell'ebollizione è di 100 gradi, e mantiensi costante per tutto il tempo che questo fenomeno succede.

Se il vaso, in cui contiensi una data quantità di acqua esposta al fuoco, si chiudesse ermeticamente durante il periodo dell'ebollizione, e la temperatura si rimanesse costante, man mano il vapore, *ammassandosi* nello spazio interposto tra l'acqua ed il coverchio del vaso, aumenterebbe d'indensità ed eserciterebbe una pressione sulla superficie dell'acqua medesima capace ad impedire il fenomeno dell'ebollizione, e quindi della evaporizzazione,

ed allora lo spazio contenuto nel recipiente dicesi saturo di vapore.

Crescendo la temperatura il liquido evaporizzerà di nuovo fino a mettersi un' altra volta in istato di saturazione, che è vario secondo la diversità delle temperature.

L'aria esercita sopra ogni corpo una pressione, la quale a livello del mare è rappresentata da una colonna di mercurio, avente per base la superficie del corpo medesimo e per altezza, in media, 76 centimetri.

Supponendo una superficie di un centimetro quadrato, la pressione che si esercita su questa superficie è di una colonna di mercurio, avente per base un centimetro quadrato, e per altezza 76 centimetri, cioè 76 centimetri cubi; ora un centimetro cubo di mercurio pesa grammi 13, 60, moltiplicato questo valore per 76, si avrà 1033 grammi, ovvero Kilogrammi 1,033, pel valore corrispondente alla pressione atmosferica su di un centimetro quadrato.

Si può ragguagliare la tensione del vapore alla pressione atmosferica. Difatti, perchè le bolle del vapore possano vincere la resistenza esercitata dalla colonna d'aria soprapposta, bisogna che queste forze si equilibrino; e quindi deve ritenersi che il vapore acqueo alla temperatura di 100 gradi eserciti una pressione su di un centimetro quadrato simile a quella esercitata dall'aria, cioè di Kilogrammi 1,033; ciò che dicesi comunemente pressione di un'atmosfera.

In un vaso chiuso, in cui il vapore producendosi continuamente resta imprigionato, questa tensione può duplicarsi, triplicarsi ec.; ed allora dicesi che esso esercita una pressione di due, tre ec. atmosfere.

Considerando la pressione del vapore esistente in un recipiente chiuso isolatamente, si avrà la pressione relativa, o effettiva, di esso per rispetto all'aria atmosferica. Però bisogna tener conto che nel recipiente medesimo, antecedentemente alla produzione del vapore, vi esisteva l' aria, cioè un'atmosfera di pressione, che faceva equili-

brio con quella dell'aria esterna, e quindi che la pressione totale, o assoluta, in detto recipiente è quella effettiva del vapore più una.

Per misurare la pressione del vapore si fa uso del manometro di Bourdon, ovvero dell'altro di Schäfer. Nel primo il vapore entra in un tubo metallico a spirale posto in comunicazione con la caldaia; aumentando la pressione del vapore la spirale tende a svolgersi, ed imprime un movimento ad un indice posto alla sua estremità; detto indice segna sopra un quadrante graduato la pressione del vapore in atmosfere.

Il manometro di Schäfer è poco dissimile, solamente che il movimento all'indice vien trasmesso da una lastra metallica ondulata, sotto cui il vapore della caldaia esercita la sua pressione.

È da notarsi che la graduazione dei manometri alcuni costruttori la cominciano con uno, altri con zero; ciò vuol dire che i primi alla pressione del vapore della caldaia aggiungono quella che fa equilibrio coll'aria esterna, cioè misurano la pressione assoluta, ed i secondi non tengono conto della pressione atmosferica, cioè misurano la pressione effettiva del vapore.

La tendenza che ha il vapore a crescere di volume dicesi forza espansiva: se in un cilindro di una macchina a vapore, tenendo frenato lo stantuffo ad una certa distanza dal fondo, si riempisse di vapore lo spazio tra il fondo medesimo e la superficie dello stantuffo, ed indi intercettata la comunicazione con la caldaia si lasciasse libero il movimento allo stantuffo, si vedrebbe questo allontanarsi immediatamente dal fondo del cilindro. Ciò significa che la forza espansiva del vapore obbliga lo stantuffo medesimo a muoversi, onde formarsi uno spazio maggiore e crescer di volume.

Coll'abbassamento di temperatura il vapore passa dallo stato vaporoso allo stato liquido. Se un vaso pieno esclusivamente di vapore acqueo e privo di aria, venisse sottoposto ad un abbassamento di temperatura, il vapore

man mano si convertirebbe in acqua, e dopo aver tutto cambiato stato, rimarrebbe il vuoto nella parte del vaso non occupato dall' acqua; questo cambiamento di stato del vapore chiamasi condensazione.

Organi principali di una macchina a Vapore.

Una macchina a vapore è composta essenzialmente di due parti principali, la caldaia, o generatore del vapore, e la macchina propriamente detta.

La caldaia può essere di diverse specie; quella cilindrica a focolaio esterno senza bollitoi; quella cilindrica a focolaio esterno con bollitoi; quella cilindrica a focolaio interno; la caldaia tubolare; quella a camere verticali, e la caldaia a cofano.

La brevità dello scopo non dà luogo a descrivere le diverse specie di caldaie, e le condizioni da tener presenti per la regolare struttura di esse: dirò soltanto che, in generale, nella costruttura delle caldaie si tien di mira che la superficie che dovrà essere in contatto colla fiamma, detta superficie di riscaldamento, sia quanto più grande è possibile per avere, coll' istesso consumo di combustibile, una maggior produzione di vapore. Però deve aversi anche di mira che tutta la superficie di riscaldamento della caldaia stia in contatto coll'acqua della parte interna di essa, potendo invece arroventarsi e succedere un' esplosione.

La caldaia bisogna che abbia lo spessore delle lamiere di tale grandezza da resistere alla pressione a cui si vuol fare arrivare il vapore nella parte interna di essa: questo spessore può ricavarsi dalla formola

$$e = \frac{1}{250} \sqrt{\mathrm{DL}\, n} \qquad (\mathrm{E})$$

in cui e è lo spessore della lamiera in centimetri, D il

diametro della caldaia, L la lunghezza, n la massima pressione effettiva del vapore che dovrà contenere.

Ad evitare un' elevazione di pressione oltre i limiti assegnati, e renderne impossibile lo scoppio, vanno munite le caldaie di una valvola di sicurezza, la quale non è altro che un buco praticato sulla sommità di esse, coperto da un disco, detto propriamente valvola, che è premuto o mediante una molla spirale, come nelle locomotive, ovvero mediante un peso attaccato all' estremità di una leva di 2.° genere, che si appoggia in un punto qualunque sul disco medesimo. È chiaro che alla pressione esercitata dal vapore sulla superficie delle dette valvole si contrappongono il peso della valvola, il peso della leva, ridotto al punto di mezzo della valvola medesima, in cui le è a contatto e la preme, ed il contropeso posto all' estremo della leva, egualmente ridotto al punto di contatto.

Finchè la somma di questi pesi è superiore alla pressione che esercita il vapore sulla superficie interna della valvola, questa sta al suo posto, ma quando questa pressione supera quella somma, la valvola si apre, ed il vapore scappa producendo un fischio che serve a dare avviso del pericolo.

Per determinare la pressione massima sopportabile da una valvola di sicurezza, prima di sollevarsi e far sfuggire il vapore, può servire con molta approssimazione la seguente formola:

$$P = \frac{\frac{QL}{l} + q + \frac{q'L}{2l}}{S \times 1,033} \qquad (F)$$

In cui P esprime la pressione effettiva in atmosfera;
Q il carico all' estremità della leva;
L la lunghezza del braccio di leva;
l la distanza dal fulcro al punto d' appoggio sulla valvola;

q il peso della valvola;
q' il peso della leva;
S la superficie della valvola in centimetri quadrati (1).

Alla caldaia va anche unito un indicatore di cristallo per osservare il livello d'acqua, ed il manometro di cui si è parlato di sopra.

Le macchine propriamente dette si dividono in macchine ad alta, media e bassa pressione; senza espansione e ad espansione; macchine a bilanciere, a biella e manovella, a cilindro oscillante; macchine a cilindro verticale ed orizzontale; macchine fisse, locomobili, locomotive; e finalmente in macchine Woolf con cilindri orizzontali o con cilindri verticali, a bielle e a bilanciere.

Le macchine a bassa pressione son quelle che lavorano con una pressione non maggiore di atmosfere 1,50 effettive; a media pressione sono quelle che lavorano con la pressione tra 1,50 e 4 atmosfere; ad alta pressione quelle che lavorano con pressione maggiore.

Le parti essenziali della macchina sono il cassetto distributore, il cilindro e lo stantuffo.

Il cassetto distributore è un apparato attaccato al cilindro per mezzo del quale, con un movimento di va e vieni, si mette in comunicazione il vapore della caldaia, una volta con la parte superiore, ed un altra volta con la parte sottoposta allo stantuffo.

Nelle macchine ad espansione, in cui il vapore dopo aver agito un certo tempo con tutta pressione comincia ad agire per espansione, il cassetto distributore è concertato in modo che può intercettare l'introduzione del vapore nel cilindro dopo un certo spazio percorso dallo stantuffo: in questo caso il cassetto medesimo può esser fisso e mobile; fisso è quando, regolato la prima volta il

(1) Il centimetro quadrato è un quadrato avente per lato un centimetro. Quindi per determinare una superficie in centimetri quadrati bisogna aversi per unità il centimetro — Per esempio la superficie di un quadrato avente per lato un metro, sarà espressa in centimetri quadrati da $100 \times 100 = 10000$.

punto in cui deve essere intercettata l'ammissione del vapore, non può questo venir variato; è mobile quando, mercè una vite ed un tiratoio, può regolarsi a piacere il punto medesimo.

Il cilindro non è altro che un corpo di tromba di ferro ermeticamente chiuso ad ambo i lati, che ha dentro di sè il rispettivo stantuffo; l'asta di cui esce dalla parte esterna del cilindro, passando per un buco praticato nella covertura superiore di esso, ma fatto in guisa da non dar adito al vapore di sprigionarsi e disperdersi nell'aria esterna.

Nelle macchine senza condensazione il vapore uscendo dal cilindro, dopo aver esercitato il suo lavorio sullo stantuffo, passa nell'aria libera; però, essendo che così l'aria produce una contropressione, o resistenza al movimento dello stantuffo, eguale ad un'atmosfera, si fa passare invece questo vapore in un recipiente, detto condensatore, in cui, mercè un'iniezione continua d'acqua fredda il vapore condensandosi, si forma quasi il vuoto, e quindi si distrugge la contropressione. La capacità di questo recipiente dev'essere per lo meno di $^1/_3$ del volume prodotto dallo stantuffo in ogni suo movimento. Una pompa, detta pompa d'aria, è unita a dette macchine onde portare via dal condensatore il miscuglio d'acqua riscaldata, vapore non condensato, ed aria trascinatavi dall'acqua fredda.

In questo modo nel condensatore vi esiste, quando la macchina è in moto, il vuoto, o quasi vuoto. Si misura la pressione esistente nel condensatore mercè un'barometro quasi sempre diviso in 80 parti; quando la macchina è ferma il barometro segna 0º cioè vi è un'atmosfera di pressione; se poi comincia a lavorare la macchina, cominciando a farsi il vuoto nel condensatore, man mano l'indice passa a 10, 20, 30 ec. gradi, e ordinariamente, in quelli graduati in 80 parti, si ferma a 65 o 70.

Perchè nel condensatore vi fosse il vuoto perfetto dovrebbe l'indice percorrere l'intera graduazione; però questo non verificasi mai, e si ha che la quantità di vapore rimasto nel condensatore è rappresentato dalla dif-

ferenza tra il grado segnato e quello in cui è diviso il barometro. Nel caso che questo fosse ripartito in 80 parti e l'indice si arrestasse a 70, sarebbe il grado di vuoto

uguale a $$\frac{80}{80} - \frac{70}{80} = \frac{10}{80} = 0,12$$

di atmosfera, che è la pressione ordinariamente esistente nei condensatori, e che appellasi contropressione.

Nelle macchine Woolf il vapore dopo aver agito a piena pressione nel cilindro passa in un altro cilindro più grande, ove agisce per espansione, ed indi passa nel condensatore. Ordinariamente anche nel primo cilindro il vapore agisce in parte per espansione.

In tutte le macchine esiste la pompa di alimentazione, mediante la quale si fornisce l'acqua alla caldaia allorchè viene a mancare.

Nelle macchine a condensazione questa pompa aspira l'acqua da un serbatoio, in cui si scarica quella che porta via la pompa d'aria dal condensatore; in quelle senza condensazione quest'acqua viene aspirata direttamente dal pozzo, o da un recipiente che viene alimentato da altra pompa, anche mossa dalla macchina medesima.

Calcolo della potenza dinamica di una macchina a vapore.

Il vapore dalla caldaia, mercè il cassetto distributore, passa nel cilindro al di sotto dello stantuffo, e per la pressione che esercita sulla sua superficie obbliga detto stantuffo a percorrere l'intera lunghezza del cilindro medesimo. Arrivato a tal punto si chiude la comunicazione tra la caldaia e la parte sottoposta, e si apre quella con lo spazio al di sopra dello stantuffo, e quasi contemporaneamente si apre la valvola per l'uscita del vapore, che prima aveva funzionato.

In questo punto il vapore comincerà ad esercitare la sua pressione al di sopra dello stantuffo in senso inver-

so a quello che aveva operato prima; e percorso l'intero cilindro si chiuderà di nuovo la comunicazione con la caldaia e si aprirà quella con l'aria libera, o col condensatore, a seconda dei casi.

Se si chiama S la superficie, in centimetri quadrati, dello stantuffo; P la pressione assoluta di arrivo del vapore nel cilindro in atmosfere; q la contropressione all' aria libera o nel condensatore; V la velocità dello stantuffo, cioè lo spazio che esso percorre in un secondo; F il lavoro dinamico in Kilogrammetri, si avrà per le macchine senza espansione

$$F = 1,033\, SV\, (P - q) \qquad (G)$$

Dividendo il valore trovato per 75, si avrà la forza in cavalli.

Esempio — Si abbia una macchina senza condensazione di cui la lunghezza della corsa è di metri 0, 76; il numero di colpi al minuto primo, cioè il numero di volte che lo stantuffo esegue il doppio movimento di va e vieni in un minuto primo, eguale a 50; il diametro dello stantuffo uguale a 30 centimetri; la pressione nella caldaia uguale a 6 atmosfere assolute. Vogliasi determinare la potenza dinamica di questa macchina.

Essendo la lunghezza della corsa eguale a 0,ᵐ 76, la lunghezza dello spazio percorso in un colpo sarà eguale a $2 \times 0.76 = 1,52$. Or essendo che in un minuto primo, cioè 60 secondi, questo spazio si è percorso 50 volte, si avrà la proporzione

$$60:1,52\times50=1:V;\ \text{quindi}\ V\ \frac{1,52\times 50}{60} = 1,267$$

che è la velocità dello stantuffo.

La superficie dello stantuffo, avente per diametro centimetri 30, sarà di 706 centimetri quadrati.

La pressione assoluta del vapore nella caldaia, essendo di 6 atmosfere, questa, nel giungere al cilindro, perderà una parte della sua forza, per l'abbassamento di temperatura, e per tante altre cause che vi concorrono; questa perdita di

pressione si calcola di circa $^1/_{20}$ della pressione nella caldaia; quindi nel caso di cui trattasi sarà la pressione d'arrivo nel cilindro = 6 — 0. 30 = 5. 70.

La contropressione all' aria libera sarà di 1 atmosfera.

Si avrà perciò, sostituendo nella formola (G) i valori ritrovati

$$F = 1{,}033 \times 706 \times 1{,}267\,(5{,}70 - 1) = 4342{,}89 \text{ Kilogrammetri.}$$

Dividendo per 75 questo valore si ha la forza in cavalli di detta macchina = 57, 90.

Nelle macchine ad espansione si è detto a pagina 37, che l' intromissione del vapore nel cilindro viene intercettata prima che lo stantuffo abbia percorso l' intero cammino; se in una macchina, in cui la lunghezza della corsa fosse di metri 0,76, venisse intercettata l' immissione del vapore dopo che lo stantuffo ha percorso $0^m,57$ della sua intera corsa, si direbbe che l'espansione comincia a $\frac{57}{76}$ cioè a $\frac{3}{4}$ della corsa.

Ora bisogna osservare che man mano che il vapore si espande, acquistando un volume maggiore, la densità diminuisce, e quindi la pressione diventa più piccola; quando lo stantuffo sarà in fine di corsa questa pressione avrà acquistato un valore, che sarà inversamente proporzionale ai volumi, e quindi alle lunghezze della corsa, ciò che vien dato dal rapporto tra lo spazio percorso a pieno vapore e la corsa intera.

Supponendo che in un cilindro il vapore, avente 4 atmosfere di pressione, cominci ad espandersi ai $^3/_4$ della corsa, alla fine di tal corsa la pressione sarà rappresentata da $4{,}00 \times {}^3/_4 = {}^{12}/_4 = 3$.atm.; vuol dire che avrà perduto tanto di tensione per quanto ha cresciuto di volume.

Chiamando P la pressione del vapore all'arrivo nel cilindro, e p quella che acquisterà alla fine dell'espansione il rapporto $\frac{P}{p}$ dicesi rapporto d' espansione.

Per calcolare il lavoro teorico in Kilogrammetri di una macchina ad espansione ed a condensazione può servire la seguente formola:

$$F = p\,1,033\,SV\left(1 + \text{logaritmo Neperiano}\,\frac{P}{p} - \frac{q}{p}\right) \quad (H)$$

in cui tutte le lettere hanno il valore assegnatole precedentemente.

Per avere la forza in cavalli dividasi il valore trovato per 75.

Per calcolare il logaritmo Neperiano del rapporto $\frac{P}{p}$ si può far uso della seguente tabella.

TAVOLA V.

Contenente il logaritmo Neperiano per diversi valori di $\frac{P}{p}$

$\frac{P}{p}$	$\log n \frac{P}{p}$	$\frac{P}{p}$	$\log n \frac{P}{p}$	$\frac{P}{p}$	$\log n \frac{P}{p}$	$\frac{P}{p}$	$\log n \frac{P}{p}$	$\frac{P}{p}$	$\log n \frac{P}{p}$
1,00	0,0000	2,50	0,9163	4,00	1,3863	5,50	1,7047	7,00	1,9459
1,25	0,2231	2,75	1.0116	4,25	1,4469	5,75	1,7492	7,25	1,9810
1,50	0,4055	3,00	1,0986	4,50	1,5041	6,00	1,7917	7.50	2,0149
1,75	0,5596	3,25	1,1786	4,75	1,5581	6,25	1,8326	7.75	2,0477
2,00	0,6931	3,50	1,2528	5,00	1,6094	6,50	1,8718	8,00	2,0794
2,25	0,8109	3,75	1,3217	5,25	1,6582	6,75	1,9095	8,25	2,1102

Per cifre non contenute in questa tabella, ove non si abbiano le tavole Neperiane, può pigliarsi il logaritmo delle tavole del La Lande a base 10, e moltiplicarsi per 2,3026.

Esempio — Una macchina ad espansione e condensazione abbia le seguenti dimensioni — Diametro pistone 0,m 30 — Lunghezza della corsa 0,m 76—N.° dei colpi a minuto primo 50—Pressione nella caldaia 4 atm.—Contropressione nel condensatore 0,12 atm.—L'espansione cominci a $^2/_3$ della corsa: Quale sarà la forza in cavalli di questa macchina?

$$\text{Si ha la velocità} = \frac{0,76 \times 2 \times 50}{60} = 1,267 -$$

La superficie dello stantuffo in centimetri quadri è 706. La pressione di arrivo nel cilindro è 4,00—0,20 = 3,8 atm. La pressione in fin di corsa sarà uguale a $3,80 \times {}^2/_3 = 2,53$. Nella formola (H) sostituendo i rispettivi valori si ha

$$F = 2,53 \times 1,033 \times 706 \times 1,267 \left(1 + \log n \frac{3,80}{2,53} - \frac{0,12}{2,53}\right) =$$

$$= 2337,77\ (1 + \log n\ 1,50 - 0,0474)$$

Il valore log *n* 1,50 si ha dalla tavola V.ª uguale a 0,4055 quindi si ha

$$F = 2337,77\,(1 + 0,4055 - 0,0474) = 3174,92 \text{ Kilgmtri.}$$

Dividendo il valore trovato per 75 si ha la forza in cavalli = 42, 33.

Può anche calcolarsi, con molta approssimazione, il lavoro sviluppato da questa macchina mercè la rappresentazione grafica di esso, nel modo seguente.

Supponghasi la lunghezza $P^0 P^{12}$ (fig. 6.ª) della corsa del
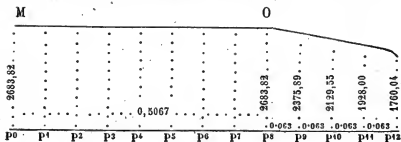
Fig. 6. *Rappresentazione grafica del lavoro in una macchina ad espansione ad un cilindro.*

pistone divisa in un numero di parti uguali, multiplo esatto del 2 e del 3, per esempio in 12 parti, per otto di queste parti il vapore agisce colla piena pressione iniziale, cioè con la pressione di atmosfere 3,80, che moltiplicata per 1,033, e per la superficie dello stantuffo in centimetri quadri = 706, darà il valore iniziale della pressione in Kilogrammi esercitata su di esso uguale a 2771,33, da cui detratta quella che fa equilibrio colla contropressione, che è uguale a $0,12 \times 1,033 \times 706 = 87,51$, resta la pressione effettiva in Kilogrammi, al principio della corsa, uguale a 2683,82; si segni questo valore come ordinata del rettangolo P^0 P^8 O M: siccome il lavoro prodotto dal vapore durante il tempo che agisce a piena pressione è uguale allo sforzo moltiplicato per lo spazio percorso, sarà detto lavoro uguale al rettangolo medesimo, in cui un lato rappresenta lo sforzo, l'altro lo spazio suddetto.

Dopo il punto $P.^8$ cominciando il vapore ad espandersi, la pressione diminuirà, e diminuirà di tanto quanto cresce lo spazio che occuperà il vapore medesimo; e siccome, la sezione del cilindro rimanendo costante, i volumi aumenteranno in ragion diretta delle lunghezze percorse, la pressione diminuirà col crescere di queste lunghezze, cioè sarà in ragione inversa di esse; perciò chiamando P^0 la pressione iniziale e P^9 quella che avrà acquistata dopo percorso lo spazio P^8 P^9 si avrà:

$$P^0 : P^9 = 9 : 8, \text{ cioè } 2771,33 : P^9 = 9 : 8.$$

Donde si ricava il valore di $P^9 = \dfrac{2771,33 \times 8}{9} = 2463,40,$

da cui detratta la contropressione, che si è trovata di Kilogrammi 87,51, resta la pressione nel punto P^9 uguale a 2375,89 Kilogrammi.

Si segni questo valore per ordinata del punto P^9.

Similmente si calcola il valore delle ordinate $P.^{10}$ $P.^{11}$ $P.^{12}$ come segue:

$$P.^{10} = \frac{2771,33 \times 8}{10} - 87,51 = 2129,55.$$

$$P.^{11} = \frac{2771,33 \times 8}{11} - 87,51 = 1928,00.$$

$$P.^{12} = \frac{2771,33 \times 8}{12} - 87,51 = 1760,04.$$

Analogamente a quanto si è detto per il rettangolo P^0 P^8 OM, il lavoro durante l'espansione risulterà dalla somma di tutti i trapezî formati dalle pressioni per gli spazî percorsi.

Ora questa somma si ottiene immediatamênte per mezzo della formola di Simpson pel calcolo delle superficie terminate da curva, in cui, chiamando Σ la somma medesima, d la lunghezza degli spazî tra le diverse ordinate, e $P.^8$ $P.^9$ $P.^{10}$ $P.^{11}$ $P.^{12}$ le ordinate medesime, si ha

$$\Sigma = \frac{d}{3}\left[P^8+P^{12}+4(P^9+P^{11}+\ldots)+2(P^{10}+\ldots)\right] \quad (I)$$

$$\text{cioè } \Sigma = \frac{0,0633}{3}\left[2683,82+1760,04+4(2375,89+1928,00)+ + 2(2129,55)\right] = 546,89$$

Aggiungendo questo valore all'altro del rettangolo P^0 P^8 O M, cioè $0,5067 \times 2683,82 = 1359,89$, si avrà 1906,78, per il lavoro prodotto dallo stantuffo durante una corsa.

Per avere la forza in Kilogrammetri bisogna rapportare a minuto secondo il valore precedente.

Essendo che in 60 secondi questa macchina fa 50 colpi, il lavoro di una corsa sarà ripetuto 100 volte nel tempo medesimo, quindi si otterrà la proporzione

$$1906,78 \times 100 : 60 = X : 1; X = \frac{1906,78 \times 100}{60} = 3177,96$$

cioè il lavoro meccanico trovato precedentemente si moltiplica per il doppio del numero dei colpi a minuto, e si divide per 60, per avere la forza in Kilogrammi.

Volendo la forza in cavalli si divide per 75 quest' ultimo valore, e si hanno 42,37, cavalli. Questo valore differisce di poco da quello trovato con la formola (H).

Nelle macchine Woolf la potenza dinamica in Kilogrammetri si calcolerà mediante la seguente formola:

$$H = 2\,n \times 166{,}65 \times 1{,}033\,P \times s\,l \left(1 + \log n \frac{P}{p} - \frac{q}{p}\right) \quad (L)$$

In cui n è il numero dei colpi dello stantuffo per ogni minuto primo; P la pressione del vapore all' arrivo nel cilindro piccolo; p la pressione del vapore medesimo in fin di corsa nel cilindro grande; s la superficie dello stantuffo piccolo in metri quadrati; l lo spazio percorso dallo stantuffo piccolo a piena pressione, in metri lineari; q la contropressione che si esercita sullo stantuffo del cilindro grande, e che corrisponde alla pressione esistente nel condensatore.

Esempio. — Sia una macchina Woolf avente le dimensioni seguenti:

Num.° de' colpi a minuto primo 55, quindi $2\,n = 110$;

Pressione nella caldaia = 4,00, atmosfere, e quindi all' arrivo nel cilindro = 3,80 atmosfere;

Diametro del cilindro piccolo = $0^m{,}27$; superficie dello stantuffo = 0,057255;

Diametro del cilindro grande=0,54; superficie dello stantuffo=0,229020;

Lunghezza intera della corsa dello stantuffo, nel piccolo e nel grande cilindro=$0^m{,}60$;

Lunghezza della corsa durante il tempo che nel cilindro piccolo affluisce l' intero vapore = $0^m{,}45$;

Pressione nel condensatore = 0,12 atm.;

Abbiamo che la pressione in fin di corsa nel cilindro piccolo sarà espressa da $3{,}80 \times \frac{0{,}45}{0{,}60} = 2{,}85$, atmosfere.

Il vapore entrerà colla pressione medesima nel cilindro grande; ed essendo che l'intero volume di questo dovrà contenere alla fin di corsa tutto il vapore che era prima contenuto nel cilindro piccolo, così la pressione diminuirà in proporzione della differenza dei due volumi, e quindi in

fin di corsa del cilindro grande la pressione del vapore sarà uguale a

$$2,85 \times \frac{0.\ 057255 \times 0,\ 60}{0,\ 22902 \times 0,\ 60} = 0.\ 7125,$$

e perciò p sarà uguale a 0, 7125.

Nella formola (L) sostituendo i valori trovati si avrà

$$H = 110 \times 166,65 \times 1,033 \times 3,80 \times 0,057255 \times$$

$$\times 0,45 \left(1 + \log n \frac{3,80}{0,\ 7125} - \frac{0,12}{0,\ 7125} \right) =$$

$$= 1853,98\ (1 + 1,6739 - 0,1684) = 4645,15\ \text{Kilgmtri.}$$

Si avrà la forza in cavalli vapore dividendo 4645,15 per 75, e si avranno 61,93 cavalli per la forza di questa macchina.

Si potrà anche calcolare la potenza dinamica della macchina medesima col metodo della rappresentazione grafica del lavoro, nel seguente modo:

Dividasi la lunghezza $P^0\ P^8$ del cilindro piccolo (fig.ª 7.ª)
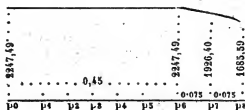
Fig. 7. *Rappresentazione grafica del lavoro nel cilindro piccolo di una macchina* Woolf.

in 8 parti uguali; per sei di queste il vapore agirà a piena pressione, e per altre due con espansione.

Non tenendo conto della contropressione, la pressione iniziale sullo stantuffo del piccolo cilindro sarà rappresentata da $3{,}80 \times 1{,}033 \times 572{,}55 = 2247{,}49$, che è la pressione in Kilogrammi per tutto il tempo che agisce detto stantuffo a pieno vapore, ed il lavoro sviluppato durante questo tempo sarà dato dalla pressione suddetta 2247,49, moltiplicata per lo spazio percorso $0^m{,}45$, uguale a 1011,37.

Al punto P^7 la pressione del vapore sarà uguale a

$$\frac{3{,}80 \times 1{,}033 \times 6}{7} = 3{,}3646,$$

ed in Kilogrammi sarà uguale a

$$3{,}3646 \times 572{,}55 = 1926{,}40.$$

Alla fine della corsa questa pressione sarà

$$\frac{3{,}80 \times 1{,}033 \times 6}{8} = 2{,}9440,$$

ed in Kilogrammi

$$2{,}9440 \times 572{,}55 = 1685{,}59.$$

Il lavoro sviluppato nel cilindro piccolo durante l'espansione sarà uguale a

$$\frac{0{,}075}{3}\Big(2247{,}49 + 1685{,}59 + 4(1926{,}40)\Big) = 290{,}967.$$

E la forza in Kilogrammetri nel cilindro medesimo, senza tener conto della contropressione, sarà data da

$$\frac{(1011{,}37 + 290{,}967)\,110}{60} = 2387{,}62.$$

Nel grande cilindro la pressione del vapore nell'istante in cui principia la corsa sarà uguale a 2,944 atm.; (pressione in fin di corsa del cilindro piccolo) ed in Kilogrammi detta pressione sarà $2{,}944 \times 2290{,}20 = 6742{,}35$.

Ma bisogna notare che in questo istante il vapore medesimo esercita una contropressione sulla superficie dello

stantuffo piccolo che sarà uguale a $2,944 \times 572,55$, e quindi la pressione utile che si otterrà da detto vapore nello istante suddetto sarà uguale a

$$2,944 \times 2290,20 - 2,944 \times 572,55 =$$
$$= 2,944 (2290,20 - 572,55) = 5056,76.$$

La contropressione sulla faccia opposta dello stantuffo grande, essendo quella del condensatore, sarà espressa in Kilogrammi da $0,12 \times 1,033 \times 2290,20 = 283,89$; detraendo questa quantità da 5056,76, si avrà la pressione in Kilogrammi, a principio di detta corsa, uguale a 4772,87.

Dividasi (figura 8.ª) la lunghezza della corsa del cilindro medesimo in un numero qualunque di parti uguali,
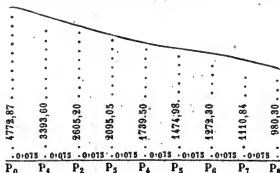
Fig. 8. *Rappresentazione grafica del lavoro nel grande cilindro di una macchina* Woolf.

per esempio, in otto parti. Quando lo stantuffo avrà percorso il primo intervallo, uguale ad un ottava parte di detta corsa, nel cilindro grande, ne avrà percorsa anche un ottava parte nel cilindro piccolo; ed essendo che man mano gli stantuffi si muovono il vapore passa dal cilindro piccolo nel grande, ne consegue che in questo istante il vapore medesimo occuperà un volume rappresentato da $^1/_8$ del cilindro piccolo, più $^1/_8$ del cilindro grande.

Si troverà parimenti che per gli altri intervalli i volumi saranno consecutivamente rappresentati da

$\frac{6}{8}$	volume cilindro	piccolo +	$\frac{2}{8}$	volume cilindro	grande
$\frac{5}{8}$	idem	idem +	$\frac{3}{8}$	idem	idem
$\frac{4}{8}$	idem	idem +	$\frac{4}{8}$	idem	idem
$\frac{3}{8}$	idem	idem +	$\frac{5}{8}$	idem	idem
$\frac{2}{8}$	idem	idem +	$\frac{6}{8}$	idem	idem
$\frac{1}{8}$	idem	idem +	$\frac{7}{8}$	idem	idem
$\frac{0}{8}$	idem	idem +	$\frac{8}{8}$	idem	idem

Essendo che le pressioni sono in ragione inversa dei volumi, si avrà, chiamando T questa pressione, dopo il 1.° intervallo,

$$T : 2{,}944 = 572{,}55 \times 0{,}60 : \tfrac{7}{8}\, 572{,}55 \times 0{,}60 + \\ + \tfrac{1}{8} 2290{,}20 \times 0{,}60:$$

$$T = \frac{2{,}944 \times 572{,}55 \times 0{,}60}{(\frac{7}{8}\, 572{,}55 + \frac{1}{8}\, 2290{,}20)\, 0{,}60} = \frac{2{,}944 \times 572{,}55}{\frac{7}{8}\, 572{,}55 + \frac{1}{8}\, 2290{,}20} = \\ = 2{,}141\,.$$

In questo istante il vapore agirà come pressione sullo stantuffo grande e come contropressione sul piccolo, e dippiù agirà in senso inverso anche la contropressione nel condensatore; quindi si avrà la pressione in Kilogrammi al punto $P_1 = 2{,}141\ (2290{,}20 - 512{,}55) - 283{,}89 = 3393{,}60$.
Col ragionamento medesimo si avranno i seguenti valori delle P_2, P_3. ec.

$$P_2 = \frac{2{,}944 \times 572{,}55}{\frac{6}{8}\,572{,}55 + \frac{2}{8}\,2290{,}20}\,(2290{,}20 - 572{,}55) - 283{,}89 = \\ = 2605{,}20\,.$$

$$P_3 = \frac{2{,}944 \times 572{,}55}{\frac{5}{8}\,572{,}55 + \frac{3}{8}\,2290{,}20}\,(2290{,}20 - 572{,}55) - 283{,}89 = \\ = 2095{,}05\,.$$

$$P_4 = \frac{2{,}944 \times 572{,}55}{\frac{4}{8}\,572{,}55 + \frac{4}{8}\,2290{,}20}\,(2290{,}20 - 572{,}55) - 283{,}89 = \\ = 1739{,}50\,.$$

$$P_5 = \frac{2{,}944 \times 572{,}55}{\frac{3}{8}\,572{,}55 + \frac{5}{8}\,2290{,}20}\,(2290{,}20 - 572{,}55) - 283{,}89 = \\ = 1474{,}98\,.$$

$$P_6 = \frac{2{,}944 \times 572{,}55}{\frac{2}{8}\,572{,}55 + \frac{6}{8}\,2290{,}20}\,(2290{,}20 - 572{,}55) - 283{,}89 = \\ = 1272{,}30\,.$$

$$P_7 = \frac{2{,}944 \times 572{,}55}{\frac{1}{8}\,572{,}55 + \frac{7}{8}\,2290{,}20}\,(2290{,}20 - 572{,}55) - 283{,}89 = \\ = 1110{,}84\,.$$

$$P_8 = \frac{2{,}944 \times 572{,}55}{\frac{0}{8}\,572{,}55 + \frac{8}{8}\,2290{,}20}\,(2290{,}20 - 572{,}55) - 283{,}89 = \\ = 980{,}30\,.$$

Il lavoro sviluppato dal vapore nel cilindro grande, detratta la contropressione, che esercita sullo stantuffo del cilindro piccolo e quella del condensatore, è quindi uguale a

$$\frac{0,\ 075}{3}\Big[4772{,}87 + 980{,}30 + \\ + 4\,(3393{,}60 + 2095{,}05 + 1474{,}98 + 1110{,}84) + \\ + 2\,(2605{,}20 + 1739{,}50 + 1272{,}30)\Big] = 1232{,}12\,.$$

Ed in Kilogrammetri sarà uguale a

$$\frac{1232{,}12 \times 110}{60} = 2258{,}88\,.$$

La forza in cavalli della intera macchina si avrà, riunendo il lavoro ottenuto nei due cilindri, e dividendolo per 75, e quindi sarà uguale a

$$\frac{2387{,}62 + 2258{,}88}{75} = 61{,}95$$

valore che di poco differisce da quello trovato colla formola (L).

Effetto utile delle macchine a vapore

La potenza dinamica di una macchina a vapore determinata precedentemente non è tutta utilizzata, di essa una gran parte è destinata a vincere le resistenze passive che presentano, per gli attriti, i diversi pezzi di cui son composte le macchine medesime; altra è impiegata a dar movimento alle parti accessorie di esse come pompa d'aria, pompa d'alimentazione, tiratoio ec.; ed altra parte va sperduta per l'attrito del vapore contro le pareti dei tubi di condotta e di scarico, per la contrazione o per i cambiamenti di direzione di esso nel passaggio tra detti tubi ed il cilindro, per il raffreddamento del vapore medesimo nella condotta e nel cilindro, per lo *spazio nocivo* che esiste fra lo stantuffo agli estremi di corsa ed il cassetto di distribuzione, e per altre cause secondo i casi.

La differenza tra la forza teorica, trovata col calcolo, e quella che effettivamente si utilizza dalle macchine a vapore, nei diversi usi dell'industria, è ciò che chiamasi *effetto utile delle macchine a vapore.*

Il rapporto tra l'effetto utile e l'effetto teorico delle macchine chiamasi *coefficiente* di effetto utile, che i meccanici sogliono ordinariamente rappresentare con la lettera *K* (1).

Per trovare detto coefficiente si può far uso della seguente tavola:

---

(1) I costruttori di macchine usano di dare a questo coefficiente K un valore molto piccolo ond'essere sicuri della riuscita delle loro macchine, e ne avviene perciò che la *forza nominale* di una macchina, cioè quella secondo la quale è stata contrattata la macchina medesima, è sempre inferiore alla forza effettiva ch'essa ordinariamente sviluppa.

TAVOLA VI.

Contenente i valori del coefficiente *K*

EFFETTO teorico in Cavalli della macchina	VALORI DI *K*.			
	Macchine ad alta pressione senza espansione e senza condensazione	Macchine a bassa pressione senza espansione e con condensazione	Macchine ad alta pressione con espansione e senza condensazione	Macchine a media pressione con espansione e con condensazione
1	0,42	0,38	0,30	0,27
4	0,45	0,41	0,33	0,30
9	0,48	0,45	0,36	0,33
16	0,51	0,48	0,40	0,36
25	0,54	0,51	0,43	0,40
36	0,57	0,54	0,47	0,44
49	0,60	0,57	0,51	0,47
64	0.62	0,59	0,54	0,49
81	0,63	0,60	0,57	0,51
100	0,64	0,61	0,58	0,52
121	0 65	0,62	0,58	0,52
144	0,65	0,62	0,58	0,52

I coefficienti riportati in questa tavola valgono per macchine in istato ordinario di conservazione.

Per macchine ben conservate questi coefficienti possono essere aumentati di circa $^1/_6$ del loro valore, e per altre in cattivo stato può questo valore diminuire fino di $^1/_3$.

Negli esempi precedentemente riportati la forza teorica delle macchine bisognerà moltiplicarla per questi coef-

ficienti. Quindi la forza della macchina ad alta pressione senza condensazione e senza espansione, che si è trovata di cavalli-vapore 57,90, bisognerà moltiplicarla per 0,61, e si avrà 35,32 cavalli-vapore, per l'effetto utile della macchina suddetta.

La forza della macchina ad espansione e condensazione calcolata nel 2° esempio, e trovata di cavalli-vapore 42,33, deve essere moltiplicata per 0,45, e darà 19,05 cavalli-vapore di effetto utile.

E finalmente la macchina Woolf, che col calcolo ha dato cavalli-vapore 61,93, di effetto teorico, bisognerà moltiplicarla per 0,49, e ci darà 30,35 cavalli-vapore di effetto utile.

Avvertenze da aversi durante gli esperimenti nei mulini a vapore.

Nei mulini a vapore è molto difficile ricavare con esattezza il prodotto di macinazione dagli esperimenti, essendo infiniti i guasti che si possono recare alla macchina ed agli altri congegni del mulino, onde fare ottenere infimi risultati.

Io mi proverò d'indicare qualcuno de' guasti che più d'ordinario sogliono recarsi al meccanismo, sicuro che un Ingegnere, alle volte poco pratico nel maneggio dei diversi pezzi della macchina, voglia farsi accompagnare da un abile e fidato operaio meccanico, quando dovrà eseguire gli esperimenti suddetti, per far visitare e sistemare tutti i pezzi, e per far guidare la macchina durante l'esperimento.

Primieramente bisogna osservare se la pressione del vapore nella caldaia, indicata dal manomentro, è la stessa di quella che si usa ordinariamente; a tal uopo si misura la valvola di sicurezza, la leva ed il contropeso, e mediante la formola (F) si osserva la pressione massima che detta valvola può sopportare senza permettere l'uscita al vapore; se questa pressione supera

di poco quella segnata dal manometro, può ritenersi quest' ultima; ove vi sia una differenza notevole allora fa d' uopo sorprendere il mulino nello stato ordinario di lavorazione, o attingere informazioni da persone estranee al mulino medesimo per assicurarsi se la pressione usata d' ordinario è quella segnata dal manometro, o quella che, secondo il calcolo, può sopportare la caldaia (1).

Stabilita la pressione con cui bisogna lavorare è prudenza accertarsi, durante l'esperimento, che nessun guasto siasi apportato al manometro perchè segnasse una pressione superiore a quella che ha effettivamente il vapore nella caldaia; a tal' uopo si chiude il rubinetto di comunicazione tra detto manometro e la caldaia medesima e si osserva se l' indice va a O, ovvero ad 1, secondocchè la divisione comincia da 0° o da 1; in caso contrario bisogna tener conto della differenza, e fare che l'indice del manometro segni il N.° di atmosfere stabilite, più la differenza suddetta. Se, ad esempio, la pressione del vapore nella caldaia dev' essere di 4 atmosfere assolute, ed il manometro, la cui graduazione comincia con 1, quando è intercettata la comunicazione colla caldaia segna 2 $^1/_2$ atmosfere, la differenza tra 1 e 2 $^1/_2$ è quella che deve aggiungersi a quella stabilita; e quindi l' indice nel manometro dovrà segnare la pressione di 5 $^1/_2$ atm., perchè nella caldaia la pressione del vapore raggiunga le 4, atm. richieste.

I rubinetti, o valvole poste agli estremi de'tubi di comunicazione tra la caldaia ed il cilindro, e tra questo ed il condensatore, debbono anche essere attentamente smon-

---

(1) Si potrebbe anche desumere la pressione usata ordinariamente nel mulino dal calcolo delle quantità e temperatura dell'acqua nel condensatore, determinandosi in tal modo la quantità di vapore che può condensare in ogni colpo di stantuffo, e quindi la pressione del medesimo vapore — Come ancora potrebbe dedursi dalle dimensioni del volante e del suo albero, nonchè delle bielle etc. la forza per cui è stata costruita la macchina. Questo però avrebbe richieste, altre conoscenze di cui per brevità non ho potuto tener conto.

tati ed esaminati, per vedere quale è la vera posizione che essi debbono avere per lasciare libera la comunicazione tra i diversi organi, nei quali deve agire il vapore.

Nelle macchine ad espansione, nelle quali l'immissione del vapore è variabile, bisogna anche assicurarsi in che rapporto è regolata ordinariamente l'immissione suddetta coll'espansione.

Benchè sia difficile verificare questo rapporto, (1) e quindi debbano ritenersi le dichiarazioni dei mugnai, pure è da osservarsi che, nelle macchine ad espansione ad un cilindro, assai raramente comincia l'espansione medesima prima che lo stantuffo abbia percorso $^1/_3$ della corsa, e quasi mai prima di aver percorso $^1/_6$ della corsa medesima. Generalmente bisogna aversi per norma, tanto nelle macchine ad uno che in quelle a due cilindri, che la pressione del vapore in fin di corsa, quando cioè deve passare nel condensatore, non sia mai minore di atmosfere 0,50.

Sogliono anche i mugnai, per diminuire l'effetto di una macchina, aumentare tutti gli attriti dei pezzi, sia stringendone oltre il bisogno le diverse viti, sia non spalmandone debitamente d'olio le diverse parti scorrevoli. A tal inconveniente si può riparare facendo visitare anticipatamente dall'operaio meccanico i singoli pezzi di cui è composto l'intero meccanismo, e spalmandoli a dovere quando il bisogno lo richiede.

Le pompe, che servono ad estrarre l'acqua dai pozzi per i diversi usi della macchina, sogliono d'ordinario esser prese di mira dai mugnai arrecandovi guasti, onde render più difficile il movimento, e quindi detrarre una forza esorbitante a quella che la macchina può sviluppare. Perciò non sarà mai superfluo far visitare le pompe medesime e farne sistemare i pezzi.

Nei mulini all'americana, nei quali oltre alle macine vi

(1) L'unico dato da cui potrebbe ricavarsi sarebbe quello del consumo d'acqua nel condensatore, come si è detto nella nota precedente.

esistono gli altri apparecchi necessarî a pulire il grano, crivellarlo, cernerlo ec., è prudenza stimare la forza che da detti apparecchi può essere assorbito ne' loro movimenti, abbassare la pressione nella caldaia fino ad ottenere dalla macchina una forza, di tanto inferiore a quella ordinariamente impiegata, per quanta è quella assorbita da detti apparecchi, ed eseguire gli esperimenti senza far agire gli apparecchi medesimi.

E finalmente bisogna tener d' occhio che, durante gli esperimenti la macchina esegua quel dato numero di colpi a minuto, assegnatole dal costruttore; a tal uopo si osserva la posizione della valvola mossa dal moderatore a forza centrifuga, di cui son provviste quasi tutte le macchine.

Detto moderatore è un pendolo conico, ovvero un'asta verticale lungo la quale sono articolate due altre aste, che portano all' estremità due sfere di ottone; l'asta suddetta riceve un movimento di rotazione dall' albero del volante. Quando la macchina cammina colla velocità normale, allora le due sfere si mantengono a conveniente distanza dall'asta verticale; quando però la velocità cresce, allora, aumentando la forza centrifuga nelle due sfere medesime, queste si allontanano dalla regolare posizione, e contemporaneamente si chiude in parte una valvola che regola l' entrata del vapore nel cilindro, e che riceve il movimento dal pendolo conico suddetto. — Quindi, ove si verifichi il caso che detta valvola si chiuda, bisognerà far crescere l'alimentazione del grano nelle macine onde far diminuire la velocità dell' albero del volante, come vedremo in seguito, e dare al vapore libero passaggio tra la caldaia ed il cilindro.

Designazione della forza che agisce sopra ogni macina nei mulini a vapore.

In un mulino che ha meno di otto macine ordinariamente la forza della macchina viene impiegata a dar movimento a tutte le dette macine meno una.

In quelli che ne hanno più di otto si può supporre che due ne stiano ordinariamente ferme.

Se, per esempio, un mulino è composto di 14 macine, è da supporsi che di esse ne sieno messe continuamente in movimento solamente 12, dovendo le altre due restar sempre disponibili, onde esser martellate.

Questo però non deve essere una norma generale; in alcuni mulini si usa tenerne una sola disponibile su 10, in altri su 3 non ne vidi lavorare ordinariamente che una: però, dovendo un Ingegnere stabilire una quota, che dovrà, forse, per lunghissimo tempo regolare i rapporti tra il governo ed i mugnai, deve sempre attenersi piuttosto alle dichiarazioni di questi ultimi, non potendo pretendersi che questa debba riuscire ad essi vessatoria, e tale da impedire il regolare impiego dei loro apparecchi a seconda le circostanze.

Della forza utile che sviluppa una macchina a vapore una porzione va assorbita dalle pompe, che sono ordinariamente annesse alla macchina medesima, e che servono a fornire d' acqua il condensatore e agli altri usi del mulino.

La quantità di forza assorbita da una pompa può esser rappresentata dalla seguente formola

$$Q = \frac{1.50 \text{ H } p}{75} \qquad \text{(M)}$$

in cui Q è la quantità di forza assorbita dalla pompa in cavalli-vapore, H la profondità del pozzo, p il peso dell' acqua che si estrae dal pozzo medesimo ogni minuto secondo.

Altra quantità di lavoro è sottratta, a quella che s'impiega per la macinazione, in quei mulini nei quali il grano si crivella, si cerne, indi passa nella tramoggia per mezzo di viti di Archimede o per mezzo di norie, formate da secchie attaccate a fasce di cuoio, a cui è dato un movimento

nel senso della verticale, e finalmente per mezzo delle medesime è insaccata la farina.

In questi mulini, detti all'Americana, il lavoro assorbito da tutti questi apparecchi varia secondo la quantità e la potenza di essi — Ordinariamente si ritiene che della forza sviluppata dalla macchina $^1/_3$ sia destinata a dar movimento ai detti congegni, ed altri $^2/_3$ agiscano sugli alberi delle macine.

Determinata coi metodi detti di sopra la forza assorbita dalle pompe e da tutti gli altri apparecchi annessi, si può detrarla da quella che sviluppa la macchina, e la parte residua ritenerla impiegata nel dar movimento a quel numero di macine che lavorano ordinariamente nel mulino.

Se queste macine hanno tutte le dimensioni e velocità uguali, può dividersi la forza residua suddetta per il numero di esse, e il quoziente rappresenterà la quantità di forza che agisce su ciascuna. Se le dimensioni e le velocità sono differenti si dovranno aver presente, nel determinarsi questa quantità, tutte le altre considerazioni di cui si terrà parola parlando della macinazione.

CAPO IV.

DE' MOTORI ANIMALI.

I motori animali ordinariamente impiegati nella macinazione dei cereali sono cinque: l'uomo, il cavallo, l'asino, il bue, il mulo.

L'uomo non s'impiega che in piccoli mulini detti a mano, i quali, atteso la tenuità di prodotto, mai potranno formare oggetto di serî studî.

Qualche volta però è anche impiegato l'uomo a muovere una macchina, a cui è trasmesso il movimento da ruote dentate e da rocchetti, ed in questo caso va nella categoria di tutti gli altri motori animali presi ad esame.

Se è facile stabilire col calcolo la forza sviluppata da

una macchina a vapore, ovvero quella che acquista una massa d' acqua cadente da una certa altezza, come si è visto precedentemente, non è egualmente facile di determinare la quantità di lavoro che può ottenersi da un motore animale, dipendendo questa dalla età, dalla conformazione fisica, dalla docilità al lavoro, e dalla nudrizione e conservazione di forze dell' animale medesimo.

Dalle esperienze è risultato che i motori animali danno il massimo effetto: 1.° quando lo sforzo che producono sta tra $^1/_3$ ed $^1/_5$ di quello che produrrebbero senza velocità: 2.° quando la velocità acquistata sta tra $^1/_4$ ed $^1/_6$ per l' uomo, e tra $^1/_{12}$ ed $^1/_{15}$ pel cavallo, della più grande velocità che acquisterebbero senza produrre alcuno sforzo: 3.° quando la durata del lavoro sta tra $^1/_2$ ed $^1/_3$ del massimo lavoro che gli animali possono sopportare, senza deperire, quale durata è al massimo di ore 18 al giorno (ammesso che la fatica sia assolutamente insignificante.

Non potendo un Ingegnere avventurare un giudizio sulle condizioni fisiche di un animale, e sulla quantità di lavoro che può ottenersene; e siccome d' altronde è indubitato che detti motori in ogni mulino cambiano giornalmente, per le diverse convenienze peculiari dei mugnai, così non è prudenza ricorrere agli esperimenti per determinare il prodotto che in un determinato tempo può ottenersi in un centimolo.

Per conoscere la quantità di lavoro utile trasmesso da diversi motori animali, può farsi uso della seguente tavola del Morin, essendo i dati in essa riportati i più esatti, e rispondenti alla media effettiva di lavoro che può ottenersi da diverse specie di animali.

TAVOLA VII.

Contenente l' effetto utile dei motori animali nel dare impulso ad una macchina.

	Pressione impiegata	Velocità media per minuto secondo	Effetto per ogni minuto secondo	Durata del lavoro in un giorno	Effetto in un giorno
	Kilog.	Metri	Kilog. Metri	Ore	Kilog. Metri
1) Un uomo girando una manovella	8	0,75	6,00	8	172800
2) Un uomo che cammina spingendo, o tirando orizzontalmente	12	0,60	7,20	8	207360
3) Un asino attaccato ad una sbarra che fa girare un albero verticale andando al passo	14,50	0,80	11,60	8	334080
4) Un mulo allo stesso lavoro al passo	30,00	0,90	27,00	8	777600
5) Un bue allo stesso lavoro al passo	65,00	0,60	39,00	8	1123200
6) Un cavallo allo stesso lavoro al passo	45,00	0,90	40,50	8	1166400
7) Idem allo stesso lavoro al trotto	30,00	2,00	60,00	4,50	972000

Nel quadro precedente è riportato, oltre allo sforzo che gli animali possono esercitare, anche la velocità con la quale essi camminano quando esercitano lo sforzo medesimo, e siccome la quantità di lavoro sviluppato da un

motore qualunque è sempre il prodotto dello sforzo per lo spazio percorso nell' unità di tempo, così è chiaro che diminuendo o crescendo uno di questi fattori, se proporzionalmente cresce o diminuisce l' altro, il lavoro sviluppato resta costante.

Se quindi uno degli animali considerati nel quadro in esame fosse sottoposto ad un lieve travaglio, e tale che lo possa sostenere facilmente, senza aver bisogno di uno straordinario sviluppo di forze muscolari, allora il cammino percorso durante il minuto secondo sarebbe maggiore; e viceversa, se un animale sarà impiegato ad esercitare uno sforzo maggiore di quello che le sue forze possono ordinariamente sviluppare, percorrerà durante il minuto secondo un cammino minore. Se per esempio un mulo in condizioni medie fosse destinato a sollevare un peso di 15 Kilogrammi, invece di 30 Kilogrammi, come è riportato nel quadro, allora esso acquisterebbe una velocità di 1,80 per minuto secondo, invece di 0^m,90, ed allora il prodotto 15 × 1,80 darebbe sempre il lavoro di 27 Kilogrammetri attribuitagli, e viceversa.

I mulini mossi da forza animale sono ordinariamente composti di un braccio di leva, a cui da un estremo è attaccato il mulo e dall' altro un palo verticale, che forma asse di rotazione di una ruota dentata orizzontale; questa ruota ingrana in un rocchetto, nel cui asse passa il palo di ferro che dà movimento alla macina girante. Fra i diversi mulini la lughezza di questo braccio di leva è variabile: però sia perchè questa varietà sta in limiti molto ristretti, sia perchè, nel dare una media dell'effetto utile che si può ottenere da questi motori, non si è tenuto conto della lunghezza del braccio di leva a cui sono applicati, può trascurarsi l' influenza ch' esso potrebbe esercitare sul prodotto di macinazione. Ma non è ugualmente trascurabile l'influenza ch'esso esercita sul cammino che l'animale deve percorrere per fare un intera rivoluzione, e quindi la macina un dato numero di giri. Difatti supponendo che due mulini mossi da uno stesso motore ani-

male, per esempio dal mulo, abbiano i rapporti d'ingranaggio uguali, e sia questo rapporto di 1 a 15, cioè che ad ogni giro dell'animale corrispondano 15 giri della macina, e che uno di essi abbia il braccio di leva di metri 2,50, l'altro di metri 2,30, la periferia del maneggio nel primo sarà di metri 15,71, e nel secondo di 14,45. Ora ritenendo che lo sforzo esercitato da entrambi fosse uguale, ed uguale la velocità di metri 0,90, per minuto secondo, il primo percorrerebbe l'intero maneggio in 17,45 minuti, ed il secondo in 16,05 minuti, e perciò in capo di un ora di lavorazione, mentre la macina del primo mulino avrebbe eseguiti 30,94 centinaia di giri, quella dell'altro ne avrebb' eseguiti 33,64 centinaia.

E siccome il lavoro sviluppato durante un' ora di travaglio in ambedue i mulini è uguale, risultando nel caso attuale in entrambi di $27 \times 3600 = 97200$ Kilogrammetri, pel primo mulino questo lavoro dovrebbe esser diviso per 30,94, per avere la quantità di lavoro attribuibile ad ogni centinaio di giri di macina, e pel secondo dovrebbe esser diviso per 33,64, onde ottenere la quantità suddetta, il che darebbe pel primo mulino Kilogrammetri 3141, 56, e pel secondo Kilogrammetri 2889,41 per ogni cento giri di macina.

Da quanto si vedrà in seguito, il prodotto della macinazione sta in proporzione della forza che s' impiega a triturare il grano; quindi nel primo mulino, ove il braccio di leva è più lungo, per ogni cento giri di macina si avrà un prodotto, di tanto più grande che nel secondo, per quanta è la differenza tra 3141,56 e 2889,41.

Da ciò si ricava che nei mulini a forza animale si stabilirà, coi metodi che si daranno in appresso, e tenendo conto della forza sviluppata dall' animale medesimo, la quantità di cereale che si può macinare per ogni ora di lavoro, e si ricaverà la velocità della macina, cioè il numero di giri che esegue in ogni ora, dalla velocità del motore, dalla lunghezza del braccio di leva e quindi dalla periferia del maneggio, e dal rapporto d'ingranaggi.

CAPO V.

DE' MOTORI A VENTO.

Il vento è impiegato in molte parti come forza motrice, utilizzandone la velocità col far muovere una ruota composta di quattro ali rettangolari, detta *volante*, che a sua volta, mercè appositi ingranaggi, dà moto alle macine dei mulini.

Benchè l'aria sia 773 volte più leggiera dell'acqua, pure da diverse esperienze si è ricavato che una vena d'aria, per esercitare una data pressione sopra una superficie di un metro quadrato, deve avere una velocità 24 volte maggiore di quella che dovrebbe avere una vena d'acqua, nelle condizioni medesime.

Conoscendo la velocità del vento si può ottenere la pressione da esso esercitata, sopra ogni metro quadrato, mediante la seguente formola, ricavata dalle sperienze di MARIOTTE.

$$p = 0,123\,V^2 \qquad \text{(N)}$$

in cui p rappresenta la pressione in Kilogrammi per metro quadrato, e V la velocità del vento in metri per minuto secondo.

Secondo le ultime esperienze di BIOT ed ARAGO, nella formola precedente, al coefficiente 0,123 dovrebbe essere sostituito l'altro 0,132416.

La seguente tavola, ricavata dalle esperienze di SMEATON, darà la velocità di diversi venti, e le pressioni corrispondenti, a metro quadrato, calcolate colla formola (N), avuto però per coefficiente 0,132416, perchè più accreditato.

TAVOLA VIII.

Contenente la velocità di diversi venti, e le corrispondenti pressioni.

DENOMINAZIONE DEI VENTI	Velocità al minuto secondo	Pressione corrispond.te sopra un metro quadrato
	Metri	Kilog.
Vento appena sensibile. . .	0,50	0,033
Sensibile	1,00	0,132
Moderato	2,00	0,530
Vento di qualche forza . .	5,50	4,005
Vento forte	10,00	13,242
Fortissimo	20,00	52,970
Burrasca	22,50	67,036
Grande burrasca	27,00	96,531
Uragano.	36,00	171,611
Vento che sradica gli alberi.	54,00	386,125

La velocità del vento si misura mediante appositi istrumenti detti *Anemometri.*

Per determinare la quantità di lavoro trasmessa dalle ali di un mulino a vento, cioè l'effetto utile che da esse si ricava, può farsi uso della seguente formola pratica,

$$K = 0,13\, SV^3 \qquad (0)$$

in cui K esprime il lavoro utile in Kilogrammetri, S la superficie, in metri quadri, di una delle quattro ali, V la velocità del vento in metri per minuto secondo.

L'esperienza ha dimostrato che un mulino a vento darà il massimo di effetto utile, quando la velocità all'estremo delle ali è eguale a 2,60 volte quella del vento, e quando l'asse di rotazione del volante forma un angolo di 8 a 15 gradi coll'orizzonte.

Siccome col variare dei venti varia di molto la loro velocità, e quindi la forza che sviluppano, non potrà determinarsi la quantità media di prodotto di un mulino a vento ricavandolo da esperimenti, essendo che questi non potrebbero mai esser fatti in condizioni tali, da assicurare la media effettiva di lavoro che si ottiene in ogni ora di macinazione. Egli è perciò che, cogli esperimenti suddetti, si potrà solamente stabilire il rapporto tra la quantità macinata per ogni ora, con una determinata forza sviluppata dal vento.

Per ottenere la media di questa forza in un mulino, e quindi del prodotto di macinazione, dovrebbe aversi un esatta conoscenza della durata effettiva che ciascuna specie di vento ha spirato durante l'anno, per avere una media della velocità di essi. Nelle principali regioni potranno queste conoscenze ricavarsi dai bollettini meteorologici, appositamente compilati sugli osservatori astronomici: ove questo non riesce possibile, può ritenersi in massima che la velocità media del vento, specialmente in siti molto esposti, sta tra i 5 ed i 6 metri a minuto secondo.

Quasi tutti i mulini a vento hanno le ali fatte in modo che si possano piegare in parte; di tal che quando spi-

rano venti forti si piegano porzione di dette vele e così lavorano quasi sempre colla stessa forza.

Come ancora è da osservarsi che, quando la velocità del vento è minore di 3 metri a minuto secondo il mulino non agisce.

Quindi nei mulini mossi da questo motore, dopo misurate le superficie delle ali e la velocità del vento che spira, si determini, mediante la formola (O), l'effetto utile che può ottenersi dal volante, e si esegua un esperimento; questo esperimento però dovrà ritenersi solamente come criterio o confronto nella determinazione della quota, dovendo questa basarsi sul calcolo della forza, con le norme che si daranno in prosieguo.

La forza in Kilogrammetri, colla quale può supporsi che il mulino, in media, lavori durante l'anno, si avrà sostituendo, nella formola suddetta, al valore della velocità del vento la media ricavata dalle osservazioni meteorologiche, ovvero quella di 5,00 metri riportata di sopra.

TITOLO II.

Della macinazione

Cause che fanno variare il prodotto di macinazione.

La macinazione de' cereali consiste nel togliere al grano la scorza, senza ridurla in polvere, e separarne la farina.

Un mulino, sia esso mosso dall'acqua, dal vapore, dagli animali o dal vento, è sempre essenzialmente composto di una coppia di macine orizzontali, una fissa, che dicesi anche *fondo,* l' altra girante, che chiamasi *corsoia* o *coperchio.*

Il coperchio è mantenuto ad una certa distanza dal fondo mediante un palo di ferro, che ne forma asse di rotazione, e che, essendo in comunicazione mediante appositi ingranaggi col motore, gl' imprime un movimento di rotazione intorno a sè stesso. — Il grano cade dalla *tramoggia*, e attraversando un buco, praticato nel centro del coperchio, passa tra la macina fissa e la girante; e siccome la superficie di quest' ultima è alquanto concava, così il grano, a prima giunta, trova una capacità tale, da esser contenuto tra le macine suddette senza esser stritolato.

Man mano però esso acquista un movimento di rotazione, impressogli dalla macina girante, che l' obbliga a portarsi dal centro verso la periferia delle macine e, durante questo cammino, esso è prima stritolato, indi ridotto in minutissima farina.

Le cause principalissime che fanno variare il prodotto della macinazione sono: 1.° il sistema di macinazione: 2.° la qualità del grano: 3.° la qualità e natura della pietra di cui son composte le macine: 4.° la loro superficie: 5.° lo stato di aguzzatura di esse: 6.° il peso del coperchio: 7.° la velocità del medesimo: 8.° la forza impiegata a muovere la macina girante.

Esporrò brevemente qualche nozione generale sull'influenza che queste cause possono esercitare sulla macinazione dei cereali, e sul prodotto che ottienesi per ogni cento giri di macina.

Sistema di macinazione.

I sistemi di macinazione si possono ridurre essenzialmente a tre; la macinazione multipla, la macinazione semplice, e la macinazione a semolino.

Col primo sistema il grano si macina la prima volta alquanto grosso, indi si rimacina una, due o tre volte fino ad ottenere diverse qualità di farina. Con la macinazione semplice il grano vien macinato una sola volta e ridotto in buona farina, la quale poi, passata debitamente per *buratti*, vien classificata secondo le varie qualità che se ne ricavano. Finalmente la macinazione a semolino consiste nello staccare dal grano, in forma di piccoli granelli, la parte dura che è immediatamente sotto la scorza e, a tal uopo, bisogna che le macine sieno un poco più discoste tra loro che negli altri generi di macinazione, e si usa grano duro convenientemente bagnato.

In generale si può aver per norma che, rimanendo uguale tutte le altre condizioni, una macina posta a macinazione multipla, in un ora di lavoro, comprese le rimacinature, produca circa $^1/_5$ di meno di un' altra posta a macinazione semplice, e che una macina a semolino (con grani duri bagnati) produca tra $^1/_4$ ed $^1/_5$ dippiù di una che lavora con la macinazione semplice, con grani teneri asciutti.

Qualità del grano.

La qualità del grano esercita anche influenza sul prodotto della macinazione.

Non potendo passare a rassegna le diverse specie di grani usati nelle singole regioni d'Italia, darò delle norme generali per la conoscenza di quelli più atti a dare abbondante prodotto.

È conosciuto che i grani, atti ad una buona macinazione, sono: i grani teneri nostrali, come la *romanella* delle vicinanze di Napoli, le *maioriche* e *le caroselle* delle Puglie, i grani *teneri* del Piemonte e del Lombardo, il grano *bianco* delle Province Toscane e Romane etc. — Il grano duro, come la *saragolla* ed altro, si usa quasi esclusivamente pel semolino; e quindi deve ritenersi impiegato solo in questo sistema di macinazione. Qualche volta si usa macinare questa qualità di grano, mescolato con grani teneri, per uso di farina da galette, specialmente in siti ove si fanno molte provvisioni marittime.

I grani esteri sono generalmente alquanto più duri dei grani nostrali, però ve ne sono molti che si avvicinano moltissimo a quest' ultimi.

La durezza del grano si osserva facilmente masticandone pochi acini o spezzandoli colle unghie; come ancora i grani duri sono alquanto traslucidi, e lo sono tanto più per quanto è maggiore la loro durezza.

In diverse province dell' Italia meridionale esiste una specie di grano bianco, detto *grano pazzo*, che è di natura granelloso e, per quanto si vogliano accostare le macine e scemare l' alimentazione, non si arriva mai a raffinarlo convenevolmente. Questi grani s' incontrano raramente, ma, ove si eseguano con essi degli esperimenti, bisognerà non esser troppo scrupolosi sulla qualità della farina, per le ragioni suddette.

Le *mesche*, cioè le miscele di grani di diverse qualità unitamente a grani duri vecce ecc. sono poco atte a dare una buona macinazione e si può ritenere che il loro pro-

dotto sia di circa $^1/_6$ inferiore a quello che si ottiene col grano tenero.

Nei mulini di maggior importanza, nei quali si cerca di cacciare farina di buona qualità, il grano si suole bagnarlo prima di sottoporlo alla macinazione.

Si usa ciò, per fare che tutto l' acino venisse mondato della scorza, prima di macinarsi, ed impedire che una parte di questa si triturasse e si convertisse in cruschello; cosa che farebbe annerire la farina.

Si può ritenere che, nella macinazione coi grani bagnati (purchè non sieno bagnati oltre il dovere, e tranne quella a semolino, ove si adoperano sempre grani bagnati) si abbia un prodotto tra $^1/_6$ ed $^1/_5$ inferiore a quello che si ottiene col grano asciutto.

Finalmente *le avene*, *le segale*, *l' orzo*, *il granturco* hanno diversa attitudine ad esser macinati; per esempio, le avene e le segale possono dare un prodotto di circa $^1/_6$ superiore a quello del grano, ed il granturco un prodotto di quasi $^1/_4$ inferiore a quello del grano medesimo.

Però bisogna tener cónto che quest' ultimo cereale, in alcuni posti, si macina grossissimo, e quindi questa differenza varia sensibilmente; come ancora, nella determinazione delle quote, bisogna tener conto della velocità del coperchio, che, con la macinazione del granturco, diminuisce.

Qualità e natura delle pietre.

Le pietre che sono più atte a dare abbondante prodotto sono le pietre silicee, o quarzo, stante che, per la loro durezza, gli spigoli, di cui son composte le aguzzature della superficie, si conservano per più lungo tempo, e possono quindi più facilmente scalfire il grano e macinarlo.

Oltre queste pietre si usano anche molte specie di arenarie, di brecce, puddinghe, marmi, e si trovano macine di granito, di gneis e di pietre calcaree.

Non è possibile certamente fare un riassunto di tutte le pietre che si adoperano nelle diverse province d'Italia, e della capacità produttiva di ciascuna di esse; sarà cura degl' Ingegneri osservarne la natura, anche nel caso sottoponendole all' azione di reagenti chimici, per determinarne i componenti principali, e stimarne, in proporzione della durezza, l' attitudine al lavoro.

In quelle dove domina la silice può ritenersi, come ho detto di sopra, che il prodotto sia maggiore delle altre; però queste ultime sono martellate più spesso e quindi, con la continua lavorazione a fresco, quasi compensano la diminuzione di prodotto dipendente dalla loro qualità.

Le pietre che presentano un conglomerato molto omogeneo e compatto possono dare una farina di ottima qualità; quelle poi che son composte di frammenti diversi, uniti tra loro con cemento tenero, e che presentano delle superficie naturalmente scabre, possono dare un prodotto abbondante; ma però non si riuscirà mai ad ottenerne farina molto sottile.

Nelle diverse regioni d' Italia le pietre più accreditate sono le seguenti.

Nelle province Lombarde diverse specie di puddinghe delle Cave d' Inverigo, di Montorfano, e della Valle di Rovagnate in Brianza, di queste le seconde sono più atte alla macinazione, perchè contengono molti frammenti di quarzo.

Nelle province Venete diverse specie di brecce impastate con cemento pietroso d' ineguale densità, e le cave donde si ricavano sono quelle di Trecento, di Tricesimo e di Fragona nel Friuli; di Pede-Castello e di Soccher nella Provincia di Belluno, della Valle di Seren nel Feltrino ed altre.

In Piemonte si usano macine di pietra calcarea e di marmo, però in molti mulini hanno adottate le macine Francesi di cui si parlerà in prosieguo.

In Toscana la pietra più usata è la così detta *pratese*, la quale è una pietra silicea con cristalli di diallagio del

genere delle serpentine, di un color grigio verdastro, e si ricava dalle cave di Prato Verde nel Monte-Ferrato. Si usa anche moltissimo in queste province una pietra calcarea detta *Alberese*, ma ordinariamente questa va accoppiata con una pratese, essendo tenera e quindi poco atta a dare abbondante prodotto.

Oltre queste pietre si usano in Toscana le lave basaltine di Radicofani; le Verrucane, o brecce della Verruca, che si estraggono sotto il monte di tal nome in Provincia di Pisa, e che contengono molti frammenti di quarzo e di ardesia; ed altre specie di pietre silicee simili alle Pratesi che si ricavano in altri luoghi della Toscana — E finalmente vi s' incontrano anche spessissimo le pietre Romane di cui si dirà in appresso.

Nelle Province Romane esistono le così dette *pietre Romane*, composte di quarzo a grana compatta ed uniforme, e che sono ritenute, dopo quelle Francesi, le migliori che esistano in Italia: esse si estraggono dalle cave di Monte Catrio presso Ancona. Si adopera anche in queste province il *Travertino*, del peso a metro cubo Kilogrammi 2483,53.

Nelle province meridionali si usano diverse specie di brecce e puddinghe con cemento piuttosto tenero, massime nelle Calabrie ove le pietre da macine sono generalmente poco atte al lavoro. Nella Provincia di Napoli ed in quelle limitrofe le macine usate ordinariamente sono la *pietra molare* delle cave di S. Giuliano nel Molise, detta volgarmente *macina a pezzi*, che è un ammasso calcareo con frammenti di quarzo, e piccole tracce di ossido di ferro e di manganese, e del peso di circa Kilogrammi 2570,00 a metro cubo; e la pietra delle cave di Cascano in Terra di Lavoro, detta anche *Capuana*, ch' è una lava basaltina con spessi cristalli di leucite, e del peso di circa Kilogrammi 2340,00 a metro cubo.

Di queste due pietre la prima presenta un conglomerato poco compatto, e quindi, mentre dà abbondante prodotto, non se ne ottiene farina molto sottile: si usa in

mulini nei quali si è poco scrupolosi sulla qualità della medesima. La seconda è più tenera della precedente, ma presenta conglomerato più omogeneo, ad eccezione dei cristalli suddetti che si staccano facilmente; si adopera per semole. Per farina se ne fa minor uso, e vi si macina sempre grano bagnato. Pel granturco le macine di Cascano sono raramente adoperate.

Oltre alle macine nostrali si impiegano anche moltissimo in Italia le *pietre francesi*, dette *La Ferté*, delle Cave La Ferté sous-Juarre. Queste pietre sono di quarzo di tessitura uniforme alquanto traslucide e di color giallo rossastro: il loro peso per metro cubo sarebbe di Kilogrammi 2650,00; però essendo che le macine suddette son composte di pezzi di dette pietre unite con mastice e gesso, e frenate da fascioni di ferro, si ritiene che in media pesino Kilogrammi 1944,00 a metro cubo.

E finalmente in tutti i mulini a forza animale della bassa e media Italia si usa una pietra per macina, detta *pietra del Levante*.

Questa pietra ha l'apparenza di una pomice vulcanica, ed è una quarzite cavernosa con piccole tracce di allumina e calce, e si ricava da una delle Isole della Grecia, forse dall' Isola di Milo — Il suo peso è di Kilogrammi 1820,00 a metro cubo quando è allo stato naturale, e di Kilogrammi 2570,00 a metro cubo quando è ridotta in polvere.

Superficie delle macine

In un mulino in cui l' apparecchio motore dà movimento ad una sola coppia di macine, le superficie delle medesime poca o nessuna influenza possono esercitare sul prodotto per ogni ora di macinazione, purchè stieno tra certi limiti che si diranno in appresso, cosa che ordinariamente avviene nei mulini; perciocchè se tra due mulini di egual forza, minore è la quantità di grano che può triturare un coperchio piccolo in confronto di altro

di maggior superficie, è pure indubitato che la velocità della prima cresce in ragione inversa della superficie, e, in capo ad un ora di lavoro, avrà compiuto un numero di giri maggiore dell' altra, ma il prodotto sarà rimasto quasi lo stesso.

In mulini poi nei quali una sola macchina è impiegata a mettere in movimento due o più coppie di macine, sembra che le superficie influiscano sensibilmente sul prodotto reciproco di macinazione; e ciò a causa della forza diversa che assorbono.

Difatti, suppongasi che una macchina di dieci cavalli metta in movimento due macine, una di diametro metri 1,20, l' altra di diametro 1,30, sarà la superficie della prima uguale a metri quadri 1,13, e la superficie della seconda uguale a metri 1,33; e quindi la quantità di grano, che ciascuna di esse potrà triturare in ogni rivoluzione, sarà in ragione delle superficie suddette.

Nella maggior parte dei mulini in esame, le macine giranti son mosse da ingranaggi, i quali sono uguali nei diversi palmenti; quindi in questo caso, per ogni ora di lavorazione, essendo uguale la velocità, cioè il numero di giri percorso dalle due macine, la prima avrà schiacciato una quantità di grano di tanto maggiore della seconda per quanto è la differenza tra 1,13, ed 1,33. — E siccome quanto maggiore è la quantità di grano sfarinato tanto più forza bisogna ricavare dalla macchina, non tenendo conto di tutte le altre condizioni, così, tra le due macine in esame, la forza assorbita dalla prima sta alla forza assorbita dalla seconda come 1,13: 1,33; cioè chiamando x la forza assorbita dalla 1.ª macina e 0$-x$ quella assorbita dalla seconda, si avrà

$$x : 10 - x = 1,13 : 1,33 ;$$

donde si ricava $x = \frac{10 \times 1,13}{1,33 + 1,13} = 4,594$;

quindi la prima impiegherà 4,594, e la seconda 5,406 cavalli di forza.

Ove poi la velocità tra detti mulini fosse differente, allora la forza assorbita, e quindi il prodotto di macinazione, dovrebbe stare in ragione composta della superficie e della velocità. In fatti, se, nell'esempio di sopra riportato, la 1.ª macina girante avesse eseguite 110 rivoluzioni a minuto primo, e la 2.ª 100, si avrebbe che, durante un ora di lavoro, la prima avrebbe eseguiti 110×60 giri, e la seconda 100×60; cioè il rapporto della velocità sarebbe di 110 a 100; e siccome tra le due macine il prodotto per ogni giro sta nel rapporto di 1,13 ad 1,33, si avrà che il prodotto totale, ad ogni determinato tempo di lavorazione, starà nel rapporto di 1,13×110 ad 1,33×100. E quindi in questo caso, ritenendo lo stesso ragionamento stabilito precedentemente, la 1.ª macina assorbirà 4,83 cavalli di forza, e la 2.ª ne assorbirà 5,17.

Queste norme generali, però, sono approssimativamente vere, e non di matematica esattezza, e vanno in pratica soggette a notevoli cambiamenti, dipendendo la macinazione da tante cause, come si è detto.

Perchè una macina da mulino funzioni bene, non deve esser di diametro troppo grande nè troppo piccolo, essendo che, nel primo caso è molto difficile ad equilibrarsi, e nel secondo molto facile a logorarsi e poco atta a dare buona farina.

I limiti che sogliono assegnarsi dai migliori costruttori alle macine, in mulini potenti, sono tra i metri 1,20 ed 1,30. In mulini di minor forza queste dimensioni son diminuite in proporzione, e si ha che, nei mulini mossi da animali le macine sono di diametro 0,80, ed anche minori.

Aguzzatura delle macine

L'aguzzatura nelle macine suol farsi ordinariamente di due specie, quella con *striature ordinarie*, e quella

con *striature alla Francese*. Si usa anche in qualche posto un sistema di martellatura detto a *colpo perduto*.

Non darò qui i diversi caratteri di queste striature, riuscendo più facile all' Ingegnere osservarlo sul luogo, ed essendo che la specie di striatura poco o nessuna influenza esercita sul prodotto di macinazione, tranne quella a colpo perduto colla quale se si ottiene farina di cattiva qualità, si ottiene anche abbondante prodotto.

Però, se non esercita influenza il modo onde son martellate le macine, ne esercita una grandissima lo stato di questa martellatura.

Per pietre silicee a grana compatta si può ritenere che il prodotto ottenuto da una macina, quando è martellata di fresco, sia di $^1/_8$ superiore a quello che se ne ricava quando è stanca.

Per le altre pietre questa differenza cresce in ragione inversa della durezza, e può arrivare fino ad $^1/_4$ in macine composte di pietre molto tenere.

Si può ritenere per principio generale che una macina tanto più è bene martellata per quanto più gli spigoli delle striature sono ad angolo retto, per quanto meno sono profonde le striature medesime, e per quanto più l' angolo, formato tra uno dei solchi del coperchio e l'altro corrispondente della dormiente, si accosta al retto.

Peso del Coperchio

Perchè un coperchio sia in buone condizioni deve pesare da 600 a 1000 Kilogrammi per ogni metro quadrato di superficie.

Benchè la macina girante, essendo tenuta sempre mediante il palo di ferro ad una determinata altezza dal fondo, non dovrebbe esercitare alcuna pressione, pure è costatato che il peso di essa gravita sul cereale e ne aiuta la macinazione, e quindi tra due macine di peso diverso (poste in tutte le altre condizioni uguali) può ritenersi che la più pesante dia maggior prodotto dell' altra.

Però non potrei dare un valore numerico, nemmeno approssimativo, a questa differenza, essendo che, tra gli studî fatti dai meccanici ed i risultati da me e da altri Ingegneri ottenuti, esiste una notevole differenza.

Il NAVIER stabilisce che in media una macina, unitamente all' albero ed agli altri organi annessi, debba pesare 850 Kilogrammi per metro quadrato di superficie, e che lo sforzo necessario a muovere detta macina sia $^1/_{22}$ del suo peso unitamente agli altri organi applicato ai $^2/_3$ del raggio.

A me pare che il Sig. NAVIER, nel dare questo dato generale, abbia avuto in mira di determinare il minimo sforzo che può applicarsi ad una macina perchè funzioni; ed invero, in una infinità di mulini osservati, trovai sempre che lo sforzo applicato alle macine era di gran lunga superiore al ventiduesimo del peso come sopra.

Dando quindi alla teorica del NAVIER il significato di sopra stabilito, e chiamando *P* il peso della macina unitamente agli organi annessi, *v* la velocità di un punto della medesima preso ai $^2/_3$ del raggio, *F* la forza in Kilogrammetri ad essa applicata, si avrebbe

$$F = \frac{1}{22} Pv ,$$

per il valore della minima forza applicabile ad un mulino, donde si ricaverebbe

$$P = \frac{22\ F}{v}$$

per il peso massimo che può assegnarsi al coperchio unitamente agli altri organi perchè funzioni regolarmente.

Non potendosi, come ho detto di sopra, dare dati più precisi, farò osservare, che in un mulino il peso del coperchio varia quotidianamente per l' ordinario consumo di esso, e, arrivato ad un certo punto, viene accresciuto di nuovo questo peso, sia sostituendo una macina nuova, sia soprapponendo uno strato di gesso su quella con-

sumata; e quindi dovendo stabilirsi una tassa che durerà per un certo periodo, piuttosto lungo, di tempo, deve, assegnandosi la quota, trascurarsi questa variabilità della grossezza e quindi del peso della pietra, e tener conto che il peso della macina sia in medie condizioni.

Velocità della macina girante.

La velocità del coperchio influisce anche sensibilmente sulla macinazione, ed è un dato essenzialissimo per la determinazione delle quote fisse.

Benchè ritengasi ordinariamente dai meccanici che la velocità periferica, cioè la lunghezza percorsa da un punto situato sulla periferia della macina, debba stare tra i limiti di 7^m,00 e 9^m,00 per minuto secondo, pure non sempre questi limiti sono rispettati, e moltissimi sono i casi nei quali questi non sono raggiunti, come anche s' incontra di frequente che essi sieno sorpassati.

Questo secondo caso, però, è molto più nocivo ad una buona macinazione, perchè è constatato che, con una esorbitante velocità, la farina esce molto riscaldata, e poco atta a dar pane di buona qualità.

Circa la velocità delle macine bisogna che i periti abbiano per norma generale

1.° Che per ogni coppia di macine, rimanendo costante la forza e ben regolata l' alimentazione del grano, deve rimaner costante anche la velocità della girante.

2.° Che, aumentando la forza al mulino ed aumentando proporzionalmente l' alimentazione del grano, resta uguale la velocità; però il prodotto sarà anche maggiore.

3.° Che, diminuendo l' alimentazione del grano tra le macine, ovvero aumentando la forza senza crescere a gradi l' alimentazione, la velocità cresce; però la farina che si ottiene riesce troppo fina ed anche riscaldata.

4.° Che, diminuendo la distanza tra le due macine, la velocità diminuisce.

Da quanto ho stabilito di sopra si ricava, che per conoscere la velocità normale del mulino, bisogna regolare l' alimentazione del grano e la distanza tra le macine, in modo che si ottenga una buona farina. Ciò può ottenersi solamente con la pratica.

Però il perito, arrivando improvviso in un mulino, dovrà, prima d'ogni altro, assicurarsi della velocità della macina, contandone il numero di giri a minuto primo, e, durante questa osservazione, impedire che il mugnaio si avvicinasse alla tramoggia, essendo indubitato che diversamente questi scemerebbe l' alimentazione per far diminuire il prodotto, ed in questo caso la velocità crescerebbe a dismisura.

Finalmente potrà ancora aversi per norma che, nei centimoli le macine giranti eseguono ordinariamente da 50 a 60 giri a minuto primo, nei mulini ad acqua da 80 a 100 giri, e nei mulini a vapore dai 100, ai 120 a minuto primo.

Forza impiegata a muovere la macina.

La forza che dà movimento alla macina è l' unico dato essenzialissimo per determinare la quantità di prodotto assegnabile ad ogni ora di macinazione di un mulino.

Le esperienze continue, di tutti quelli che hanno avuto occasione di occuparsi di macinazione, hanno dato per risultato che il prodotto sta in ragion diretta della forza suddetta.

In uno stesso mulino, rimanendo costanti tutte le altre condizioni espresse di sopra, se s' impiega pel movimento della macina una forza doppia, tripla, quadrupla di altra usata antecedentemente, si otterrà anche un prodotto doppio, triplo, quadruplo nella macinazione.

I mugnai, massime in mulini ove non si è troppo scrupolosi sulla qualità della farina, usufruiscono di questa verità, coll' assegnare ad ogni macina quanta più forza resta loro disponibile. Quindi è che nei mulini, nei quali

uno stesso meccanismo mette in movimento molte macine, usano spesse volte di dar movimento, non a tutte le macine, sibbene ad una porzione solamente di esse, ed ottengono un risultato sempre uguale a quello che otterrebbero, se lavorassero contemporaneamente con tutte le macine.

Nei primordî dell'applicazione della tassa sul macinato si è vista questa verità applicata largamente dai mugnai in danno dell'erario, massime nei grossi mulini a vapore.

Difatti, in alcuni mulini forniti di sei, otto o dieci macine mosse da una sola macchina, i mugnai hanno chiesto ed ottenuto dagli Agenti delle Tasse (ordinariamente profani nell'arte del Mugnaio) una riduzione del terzo o del quarto sulla tassa loro imposta cogli accertamenti, facendo sigillare il terzo o il quarto delle macine; ora, per spontanea confessione degli stessi mugnai, il prodotto di farina, con questa riduzione di macine, non solo restò costante, ma si accrebbe di qualche poco, venendo così diminuite le resistenze nocive, che deve vincere la forza nel muovere gli apparecchi per la trasmissione.

Però anche la forza impiegata a muovere una macina deve stare tra certi limiti, e non può crescere a dismisura, essendo constatato che, crescendo, se si aumenta la quantità della farina, la qualità ne diviene sempre peggiore, e si riscalda oltremodo.

Pare che la forza massima assegnabile ad una macina destinata alla molitura semplice sia di sette ad otto cavalli-vapore.

La macinatura a semolino richiede pochissima forza, e non si da ordinariamente a queste macine più di 3 cavalli-vapore.

Però questi limiti sono spessissimo sorpassati, maggiormente nelle regioni ove non si è scrupolosi sulla qualità della farina; posso attestare d'aver fatti esperimenti in un mulino a vapore, in cui tutta la forza di 14 cavalli, sviluppata dalla macchina era impiegata quotidianamen-

te a muovere una sola macina; però se il prodotto di macinazione era abbondantissimo, avendo ottenuto circa 7 quintali di farina ogni ora di lavorazione, era anche cattivissima la qualità della farina medesima.

Verificai altri casi, quasi simili al precedente, in altri mulini.

I meccanici sono di accordo nel voler attribuire ai mulini un prodotto per ogni ora di macinazione, e per ogni quantità di forza impiegata; però questo prodotto varia sensibilmente tra i dati ricavati dalle esperienze dei diversi esperimentatori.

Il Navier, nelle sue note al Bellidor, riporta una serie di esperienze, dalle quali risulta che la quantità di grano macinato per ogni ora di lavorazione, e per ogni 75 Kilogrammetri, o cavallo, di forza impiegata, varia tra i 27,50 e 57,80 Kilogrammi, e stabilisce per media la quantità di 48,60 Kilogrammi pel prodotto medesimo.

Da molteplici esperienze eseguite dal Fabre, dal Taffe, dall' Egen e dall' Evans risultarono i seguenti valori medî del prodotto per cavallo e per ora di macinazione del grano.

Esperienze di Fabre Kilog. 59,58.
Idem di Taffe Kilog. 54,00.
Idem di Egen Kilog. 30,91.
Idem di Evans sopra mulini americani Kilog. 33,00.

Da molte altre esperienze eseguite sui mulini dei dintorni di Parigi è risultato che, in media, in mulini Americani, in cui il cavallo di forza dev'essere impiegato anche a muovere gli apparecchi annessi al mulino come buratti, pulitori, cernitoi ecc. questo prodotto può ritenersi di 21 o 22 Kilog.

Finalmente il Redtenbacher stabilisce per valore medio di prodotto nella macinazione semplice Kilog. 31,50, il D'Aubuisson in mulini all'Americana assegna la quantità di 25 Kilogrammi per cavallo e per ora, valore che

viene confermato da altre esperienze del **Mallet** sopra simili mulini (1).

I risultamenti pertanto di tale esperienze, se differiscono tra loro moltissimo, è da ritenersi che nello stabilire gli esperimenti fu sempre trascurato di tener conto delle altre cause che possono concorrere a far variare il prodotto di macinazione, e che ho enunciate di sopra.

Se quindi ai risultati avuti da sì valenti esperimentatori vogliansi aggiungere quelli ottenuti dagl' Ingegneri addetti all' applicazione della Tassa sul macinato, nelle svariate esperienze fatte in mulini delle diverse parti d' Italia, ed a questi risultati voglia assegnarsi un medio valore, potrebbe stabilirsi, con molta approssimazione al vero, che per macine silicee, con una velocità normale, ed in medie condizioni per rispetto al peso, alla martellatura, qualità del grano, qualità della farina ecc. possa assegnarsi un prodotto variabile tra i 35 e 40 Kilogrammi per macinatura semplice con grano tenero asciutto, tra 28 e 32 per macinatura semplice con grano tenero bagnato, tra 40 e 45 per macinatura a semolino, tra 25 e 30 per macinatura multipla comprese le rimacinature, tra 20 e 24 per mulini all' Americana, comprese tutte le operazioni accessorie, val quanto dire, non tenendosi conto della forza assorbita dagli altri congegni, supponendo questa anche impiegata a muovere le macine.

Per altri cereali può ritenersi che il prodotto per cavallo e per ora varî tra 20 e 30 Kilogrammi per il granturco, tra i 40 e i 50 per la segala.

Da questi principî generali, e coi criterî che possono ricavarsi da quanto si è riferito di sopra, sulle cause che fan variare il prodotto della macinazione, e tenendo conto

---

(1) Alcuni meccanici, invece di stabilire la quantità di prodotto che può ottenersi da una macina per ogni cavallo di forza, e per ogni ora di lavorazione, determinano la quantità di forza, in grandi unità dinamiche di 1000 Kilogrammetri, resistente sull'albero di una macina, per sfarinare un ettolitro di frumento. Essendo questo sistema identico a quello riportato, ho creduto poter trascurare di accennarlo.

precipuamente della qualità di farina usata nel mulino, il perito potrà assegnare ad ogni coppia di macine un prodotto medio per cavallo e per ora di macinazione, avendo anche per norma che questo non sia eccessivo; stante che nei primordî dell' applicazione di una nuova tassa deve sempre lasciarsi un certo campo libero alle speculazioni del mugnaio, per ovviare anche le più lontane possibilità che questi vi scapiti.

TITOLO III.

Della quota fissa

Modo di determinare la quota fissa

Dal fin qui detto si può ricavare un' essenzialissima verità, cioè, che uno dei fattori più interessanti pel prodotto della macinazione, e di cui non è stato tenuto conto dai meccanici, è l' abilità del mugnaio.

Io tralascio il caso dei guasti che possono arrecarsi all' apparecchio motore, e di cui ho accennato qualcosa parlando dei motori ad acqua ed a vapore; anche quando questi fossero nelle condizioni ordinarie di lavorazione il mugnaio può far diminuire o accrescere il prodotto di macinazione, solamente col modo di guidare il mulino.

Parlando della macinazione ho stabilito i principî generali onde ottenere abbondante prodotto, e le cause che lo fanno variare; questi principî e queste cause i mugnai li conoscono pienamente, e perciò è in loro potere di far andare una macina a loro talento.

Io, anche per lunga esperienza fattane, posso dare quasi per certo che sarà difficile, se non impossibile, che dagli esperimenti, che si dovranno stabilire nei diversi mulini, si possa mai ottenere un risultato anche prossimo al giusto. Quindi ne viene di conseguenza che il perito non dovrà mai starsi strettamente allo esperimento, anzi farlo quasi sempre servire come di criterio nello stabilire le cifre col calcolo.

Darò qui le norme generali che un perito dovrà avere per la determinazione delle quote fisse, e l' accompagnerò con un esempio per essere anche più chiaro.

Per determinare equamente la quota fissa, è necessario che il perito visiti, se è possibile, all' improvviso il mulino per assicurarsi 1.° della forza impiegata; 2.° della velocità di ciascuna macina, cioè del numero di giri eseguiti a minuto primo; 3.° della qualità della farina ricavata, e del genere di macinatura, qualità, dimensioni e peso delle macine.

Ove questi dati non potranno ricavarsi dalla visita suddetta, dovrà esser cura del perito di prenderne esatte informazioni dalle persone addette al mulino, se pur non gli piacesse meglio attenersi alle rivelazioni degl' Ingegneri del macinato, che lo guideranno nelle visite suddette, e nei quali, naturalmente, non è da supporsi nessun personale interesse a peggiorare le condizioni di un mugnaio.

Dai dati ricavati da questa visita, e con le norme stabilite nei capitoli precedenti, potrà assegnare la forza impiegata a muovere ogni macina, la quantità di cereale macinato per ora e per cavallo di forza, e quindi la quantità di cereale macinato in ogni ora di lavorazione per ciascuna macina.

Dividendo questa quantità per il numero delle centinaia di giri percorsi nell'ora medesima, si ottiene la quantità di grano macinato per cento giri in ognuna di esse, che moltiplicato per 0,02 darà la quota fissa da assegnarsi ad ogni macina.

Ricavata così questa quota sarà prudenza eseguire un esperimento ed osservare se il risultato risponde a quello ottenuto col calcolo; in caso di notevole differenza si potranno studiar meglio i singoli dati, che servirono di base al calcolo medesimo, per assicurarsi di non esser incorso in alcun errore nella determinazione della quota.

Aggiustati così tutti gli sbagli che possono verificarsi, si assegnerà a ciascuna macina la quota rinvenuta col calcolo, anche quando questa dovesse essere inferiore a quella ricavata dall' esperimento, come si è verificato

qualche volta, sicuro che questa quota sarà la più equa, e piuttosto favorevole al mugnaio.

Esempio. — Debbasi stabilire la quota fissa in un mulino composto di 3 coppie di macine, di cui la 1.ª destinata alla macinatura a semola, disponga di una forza motrice di 2 cavalli ed abbia una velocità di 50 giri a minuto primo; la 2.ª destinata alla macinatura semplice con grani teneri bagnati, disponga della forza di 4 cavalli, colla velocità di 90 giri a minuto; e la 3.ª destinata per la macinazione del granturco abbia la forza di 5 cavalli con la velocità di 75 giri a minuto primo.

Le farine ricavate nel mulino sieno di ottima qualità.

La 1.ª macina produrrà per ogni ora Kilogr. $40 \times 2 = 80$ Kilogr. di semola. Il numero di giri per ogni ora è di $50 \times 60 = 3000$ cioè 30 centinaia — Dividendo 80 per 30 si ha la quantità macinata per 100 giri uguale a Kil. 2,66— Moltiplicando per 0,02 questa quantità si ha la quota di Lire 0,0532 attribuibile a questa macina.

La 2.ª produrrà ogni ora Kilog. $28 \times 4 = 112$; la velocità è di giri 90×60 uguale a 54 centinaia ogni ora; la quantità macinata per cento giri sarà di Kilog. $\frac{112}{54} = 2{,}07$, e la quota fissa risulterà di Lire 0,0414.

E la 3.ª macina darà il prodotto per ogni ora di Kilogr. $22 \times 5 = 110$; la velocità è di 45 centinaia, ed il prodotto per cento giri sarà di Kilogr. $\frac{110}{45} = 2{,}44$, donde si ricava la quota di Lire 0,0488.

Su quest' ultima macina poi spetterà il diffalco del 50 per cento sui giri giusta la legge.

CONCLUSIONE

Mi sforzai finora di dare delle norme generali per la ricerca del prodotto di macinazione, e delle quote fisse. I dati che riportai di sopra, mi studiai ricavarli da autori i più accreditati, e ritenni sempre quelli più favorevoli ai mugnai, per non gravarne le condizioni peculiari. Tenni anche conto del risultato degli esperimenti istituiti da molti Ingegneri del macinato, ed, in parte, anche di quelli da me ottenuti in diverse circostanze, e ricavai delle cifre approssimate, che possono essere ritenute come le più prossime al giusto.

Nessuna meraviglia, però, che qualche volta, anche eseguendosi scrupolosi esperimenti, ottengansi risultati differenti da quelli da me registrati, perchè la pratica applicazione delle diverse ricerche riportate varia sensibilmente tra i diversi mulini, e molte volte, sullo stesso mulino, si possono, col variare di un solo dato, ottenere risultati differentissimi.

Conchiuderò avvalorando il mio asserto col giudizio dell'illustre Professore Senatore Brioschi, il quale in un dotto opuscolo dato a stampa trattando questo tema medesimo dice. « Limitando nei precedenti paragrafi le no-
« stre considerazioni d'ordine teorico-pratico sulla mac-
« china (mulino) alle più semplici ed assolutamente ne-
« cessarie, e cercando invece di raccogliere i risultamenti
« più accreditati delle esperienze eseguite da Fabre fino
« a noi, fummo indotti dalla convinzione che il processo
« della macinazione dei cereali è per la sua natura para-
« gonabile a quei fenomeni fisici nello studio dei quali
« le formole della meccanica sono destinate piuttosto ad
« indicare la via a seguirsi nelle ricerche sperimentali che
« valgono a correggere ed a completare le formole stes-
« se, che a rappresentare una legge stabilita a priori ».

FINE

INDICE

SI VENDE

Presso l' Autore in Napoli Largo Sanità N.° 38,

e presso i principali Librai d' Italia.

Prezzo Lire .... 3.